



**IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍA BIM EN LA ESTRUCTURACIÓN DE
PROYECTOS VIALES DE TERCER ORDEN EN EL MUNICIPIO DE BARAYA HUILA**

**PRESENTADO POR
CARLOS ALBERTO AROCA PERDOMO COD. 505129**

**UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE INVESTIGACION
BOGOTA, D.C 18 DE MAYO DEL 2021**



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

**IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍA BIM EN LA ESTRUCTURACIÓN DE
PROYECTOS VIALES DE TERCER ORDEN EN EL MUNICIPIO DE BARAYA HUILA**

**PRESENTADO POR
CARLOS ALBERTO AROCA PERDOMO COD. 505129**

**DOCENTE ASESOR:
YELINCA NALENA SALDEÑO MADERO**

**UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE INVESTIGACION
BOGOTA, D.C 18 DE MAYO DEL 2021**



Atribución-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0)

This is a human-readable summary of (and not a substitute for) the [license](#). [Advertencia](#).

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material

La licenciente no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:



Atribución — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciente.



NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia](#).

Nota de Aceptación

Firma presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bogotá D.C junio 3 del 2021)

DEDICATORIA

En primer lugar, quiero dar gracias a Dios y a la Virgen María por ser mi fuente de fortaleza y perseverancia en este proceso y logro de mi vida, a ellos que fueron mi compañía en las largas noches en vela en medio de la soledad de un apartamento en el que quedaron registrados momentos dulces y amargos de este caminar.

Papi y mami, gracias a ustedes los seres más maravillosos, los seres que me dieron la vida y que con gran esfuerzo y sacrificio lucharon día a día por esta meta junto a mí, gracias por levantarse cada día y buscar de mil y un maneras la forma de que yo lograra cumplir este gran sueño. Gracias por sus consejos, palabras de aliento, e inclusive por aquellas palabras, que en su momento debieron ser duras para que me permitieran creer en mí, para seguir adelante, para ustedes y por ustedes, esta una de mis primeras metas en este camino de mi vida. Para ti Angie, mi hermana, gracias también porque fuiste un apoyo incondicional, cuando me sentía desfallecer, siempre estuviste conmigo, tus palabras fueron siempre un motivo para seguir adelante, tu ejemplo será, mis ganas de luchar.

Mi querido hijo, mi fuente de inspiración, mis ganas de continuar y querer ser siempre cada día mejor, por ti me levanto cada día, deseo de corazón que estos peldaños que hoy empiezo a escalar contigo, poderlos hacer juntos en tu vida, mi perseverancia en este camino también es por ti, porque anhele verte convertido en un ser humano excepcional, que aporte a nuestra sociedad. A mi querida esposa, por acompañarme siempre durante estos años, por buscar siempre palabras de aliento, que me permitirán continuar y luchar por mis metas, gracias, amor por no permitir que desfalleciera en este gran sueño.

Para mi tía Franci, Jhermain y Estebitan; gracias infinitas a ustedes por ser mi segundo hogar, en ustedes encontré unos segundos padres, fueron mi más grande apoyo, mi refugio en la eterna soledad de una ciudad inmensa y fría, con ustedes siempre encontrare la felicidad y la tranquilidad que un ser humano necesita en los momentos tormentosos, llevaré siempre en mí, cada momento compartido y cada palabra de aliento que me brindaron.

Para mi Tito Epifanio, Tita Chava, mi ángel en el cielo Tita Carmelina, tías, tíos y demás familiares, gracias porque en cada palabra de este proyecto, había un pensamiento en ustedes, para demostrar que si se puede y que lo más importante es luchar por lo que queremos para nuestras vidas.

Para la profesora Yelinca Nalena Saldeno, muchas gracias por su constancia, apoyo, dedicación y orientación en el desarrollo del presente proyecto de investigación.

A la Universidad Católica muchas gracias por formarme como persona y como profesional durante estos años.

A todos, mil gracias.

“Por qué el que persevera alcanza, lo que el corazón desea”

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN.....	13
2. ANTECEDENTES.....	14
2.1. ANTECEDENTES	14
2.2. JUSTIFICACION	16
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
4. OBJETIVOS	19
4.1. OBJETIVO GENERAL.....	19
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
5. ALCANCES Y LIMITACIONES	20
5.1. ALCANCES	20
5.2. LIMITACIONES	20
6. MARCO DE REFERENCIA	21
7. MARCO TEORICO	22
7.1. NIVEL DE MADUREZ.....	25
7.2. BIM NIVEL 0 (COLABORACIÓN BAJA)	25
7.3. BIM NIVEL 1 (COLABORACIÓN PARCIAL).....	25
7.4. BIM NIVEL 2 (COLABORACIÓN COMPLETA).....	25
7.5. BIM NIVEL 3 (INTEGRACIÓN COMPLETA).....	25
7.6. PROTOCOLO BIM	26
7.7. REQUISITOS DE INFORMACIÓN DEL CONTRATISTA (EIR)	26
7.8. PLAN DE EJECUCIÓN BIM	26
7.9. PLAN DE EJECUCIÓN BIM SINGAPUR FUENTE: BUILDING	27
7.10. PLAN DE EJECUCIÓN DE PENNSYLVANIA (PENN STATE).....	27
7.11. PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL EN COLOMBIA.....	28
7.12. IDENTIFICACIÓN DE LA IDEA.....	30
7.13. PERFIL PRELIMINAR.....	31
7.14. ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD	31
7.15. FACTIBILIDAD – INGENIERÍA BÁSICA	32
7.16. EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA:.....	32
7.17. COSTO-BENEFICIO:.....	32
7.18. COSTO-EFECTIVIDAD:.....	32
7.19. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CONVENCIONAL.....	32
7.20. RADIACIÓN	33

7.21.	MODELOS DIGITALES DE TERRENO	33
7.22.	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO POR MEDIO DE DRONE	33
7.22.1.	Drone	33
7.22.2.	Diseño de vuelo.	33
7.22.3.	Procesamiento de Imágenes.....	34
7.22.4.	Ortofoto Mosaicos.	34
7.23.	CLASIFICACIÓN DE LAS VIAS	34
7.23.1.	Vías de Primer Orden.	35
7.23.2.	Vías de Segundo Orden.....	35
7.23.3.	Vías de Tercer Orden.....	35
7.23.4.	Velocidad de Diseño.	35
7.24.	PLACA HUELLA.	36
7.25.	DIMENSIONES DE LA PLACA HUELLA.	36
7.25.1.	Espesor.....	36
7.25.2.	Sección transversal en tangente	36
7.25.3.	Sección transversal en curva	36
7.25.4.	Riostra:	36
7.25.5.	Concreto para placa-huella y para franjas de piedra pegada.	37
8.	MARCO CONCEPTUAL	39
9.	METODOLOGÍA.....	40
9.1.	FASE I - RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	44
9.2.	FASE II - ESTRUCTURACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN. 44	
9.3.	FASE III - PROCESAMIENTO Y DIGITALIZACIÓN.....	44
9.4.	FASE IV – MODELAMIENTO.....	44
9.5.	FASE V – RESULTADOS.....	45
10.	RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	46
10.1.	FASE I	46
10.1.1.	Recolección de información cartográfica a través de las entidades gubernamentales.	46
10.1.2.	Trabajo de campo para identificación de puntos de interés para el proyecto. 48	
10.1.3.	Caracterización de la zona por medio de vuelos y fotografías 360 para conocer el estado de la vía.	48
10.2.	FASE II - ESTRUCTURACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN. 50	

10.2.1.	Filtrar, depurar y codificar la información de acuerdo con los puntos de control definidos en el vuelo y en el recorrido en campo.....	50
10.3.	FASE III - PROCESAMIENTO Y DIGITALIZACIÓN.....	51
10.4.	FASE IV- MODELAMIENTO	55
10.4.1.	Clasificación de la vía según el manual de diseño geométrico.....	55
10.4.2.	Verificación de velocidades según el tipo de terreno y la clasificación de la vía.	56
10.4.3.	Aforos de tránsito y tipos de suelo según los apiques realizados para el diseño de la estructura de la placa huella.	56
10.4.4.	Estudio de las especificaciones de placa huella según la guía de diseño de pavimentos de placa huellas del ministerio de transporte, para sección transversal y todo lo que requiere.....	60
10.4.5.	Diseño de alineamientos en AutoCAD del tramo vial a partir de la cartografía y nube de puntos adquiridos.	61
10.4.6.	Procesamiento de AutoCAD a Infracad para diseño de placa huella, teniendo en cuenta las especificaciones según la guía de diseño de pavimentos de placa huellas del ministerio de transporte.	62
10.4.7.	Modelamiento de Infracad a Navisworks para conocer los costos de obra a partir de un APU diseñado.	64
10.5.	FASE V- RESULTADOS	65
11.	CONCLUSIONES	68
12.	RECOMENDACIONES	70
13.	BIBLIOGRAFIA	71
14.	ANEXOS.....	75
	ANEXO 1: ARCHIVO KMZ GOOGLE EARTH: PUNTOS DE INTERES FOTOS 360 Y OROTO FOTOS.....	75
	ANEXO 2: VIDEOS	75
	ANEXO 3: DOCUMENTOS PDF GOBERNACION DEL HUILA y alcaldia del municipio de baraya.....	75
	ANEXO 4 COSTOS Y GESTIÓN DE COSTOS PROYECTO PLACA HUELLA.....	75
	ANEXO 5: REGISTRO FOTOGRAFICO 360	76

LISTA DE TABLAS

	Pág
Tabla 1 Velocidad de Diseño de Tramo (INVIAS, 2013)	35
Tabla 2. Valores de la Velocidad de Diseño de los Tramos Homogéneos (VTR) en (INVIAS, 2013)	35
Tabla 3 Informe topográfico Placa Huella Soto Alcaldía Municipal formato Pdf	50
Tabla 4 Velocidad de Diseño de Tramo (INVIAS, 2013)	56
Tabla 5. Valores de la Velocidad de Diseño de los Tramos Homogéneos (VTR) en (INVIAS, 2013)	56
Tabla 6 peso kg de vehículos según la cantidad de ejes que tiene	57
Tabla 7 resultados de conteo aforos vías del sector "El Salero" Vereda Soto según informe estudio de suelo para la construcción de placa huellas en la zona rural del municipio de Baraya	57
Tabla 8 caracterización de la vía según el transito To	57
Tabla 9 Perfiles estratigráfico análisis de suelos apique No 4 según informe estudio de suelo para la construcción de placa huellas en la zona rural del municipio de Baraya	58
Tabla 10 CBR de diseño según informe estudio de suelo para la construcción de placa huellas en la zona rural del municipio de Baraya	59
Tabla 11 Escopo 1 contrato SVLPOP007-18 Valor de proyecto	66
Tabla 12 Contrato 1373 costos de obra para placa huella	66
Tabla 13 continuación de la tabla	67

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág
Ilustración 1 Diagrama de flujo marco de referencia	21
Ilustración 2 Evolución del Building Information Modeling (BIM)	23
Ilustración 3. Información de la alcaldía municipal revisada en AutoCAD	46
Ilustración 4 Información fotografías 360 coordinadas	50
Ilustración 5 Organización de Información recopilada en campo y entes de gobierno	51
Ilustración 6 Agisoft. procesamiento nubes de puntos y definición de sistema de Coordenadas.	53
Ilustración 7 Ortofoto a partir de procesamiento nubes de puntos Drone	53
Ilustración 8 Autodesk Recap proceso transformación nube de Puntos en sistemas CA .	55
Ilustración 9 Curvas de Nivel Autocad Civil 3D	55
Ilustración 10 estructura de placa huella planteada según informe estudio de suelo para la construcción de placa huellas en la zona rural del municipio de Baraya	60
Ilustración 11 Fuente propia: Alineamiento diseñado en AutoCAD	61
Ilustración 12 fuente propia: alineamiento y tabla de curvas AutoCAD	62
Ilustración 13 fuente propia: coordenadas de entre tangencia y las estaciones de entrada y salida de cada radio de curva.	62
Ilustración 14 modelación Placa huella Infracore	63
Ilustración 15 Planta Perfil del diseño de la Vía	63
Ilustración 16 Sección transversal generada.....	64
Ilustración 17 Navisworks y simulación de desarrollo de obra con tiempos y presupuesto	64
Ilustración 18 Mapa de Proceso Uso BIM: Planeación.....	65

LISTA DE GRAFICOS

	Pág
Gráfico 1 Curva de MacLeamy (2004)	24
Gráfico 2. Nivel de Madurez BIM	26
Gráfico 3 La guía de planificación de la ejecución de proyectos BIM	27
Gráfico 4. Ciclo de maduración de un proyecto de infraestructura de transporte (Cámara Colombiana de la Infraestructura, 2016)	30
Gráfico 5. Estándares según su aplicación (CODAZZI, 2004).....	32
Gráfico 6 Ortomosaico (UAVSenseFly, 2021).....	34
Gráfico 7. Vista en planta y sección en un tramo recto Placa Huella (2017)	38
Gráfico 8 proceso del marco conceptual.....	39
Gráfico 9 Mapa de Colombia, ubicación del departamento del Huila en el territorio colombiano	40
Gráfico 10 Mapa del departamento del Huila, ubicación del municipio de Baraya.....	41
Gráfico 11 Ubicación del Proyecto.....	42
Gráfico 12 Fases del proyecto	43
Gráfico 13 Planos Contrato Placa Huella Formato Digital	47
Gráfico 14 Informe Topográfico y Planos en Pdf Gobernación del Huila	47
Gráfico 15 Identificación de puntos de interés y recorrido de la zona.....	48
Gráfico 16 configuración de Datum para referencia del proyecto.....	51
Gráfico 17 nube de puntos de la cartera topográfica Gobernacion del Huila a Autocad...	52
Gráfico 18 información fotos tomadas por el Dron Georreferenciada sector "Caresuegra"	54
Gráfico 19 registro fotográfico toma muestra de suelos sector "Caresuegra" según informe estudio de suelo para la construcción de placa huellas en la zona rural del municipio de Baraya	59

LISTA DE FOTOGRAFIAS

	Pág
Fotografía 1 Estado de la via trayecto sector el salero placa Huella vereda soto	49
Fotografía 2 Estado de la vía placa Huella vereda soto.....	49
Fotografía 3 Equipo Topográfico Gobernación del Huila Sector Care suegra.....	52

1. INTRODUCCIÓN

La infraestructura vial es uno de los sectores de mayor importancia ya que de ello depende la movilización de personas así como de recursos y artículos, por lo tanto es necesario que la construcción de infraestructura se desarrolle de una manera óptima y muy eficaz, para esto se pueden implementar las diferentes instrumentos tecnológicos, tanto en la construcción del proyecto como en la elaboración de diseño de detalle, con la finalidad de obtener productos seguros, eficaces y económicos, perfeccionando el tiempo de diseño y construcción apoyados en nuevos procedimientos desarrollados a partir de tecnología existente.

BIM (Building Information Modeling) Modelado con Información para la Construcción, hace relación al empleo de la información y creación de esta, que implica un conjunto de pasos y procesos, que se caracteriza por el empleo de información coherente, organizada, computable y continua de un proyecto, obteniendo excelentes resultados en las fases iniciales de proyecto como en la documentación, cuantificación y gestión del proyecto.

El desarrollo de los proyectos de infraestructura se ha visto desafiado en mejorar, ya que la metodología tradicional ha llevado a grandes desaciertos en cuanto a pérdidas de tiempo y sobrecostos en las obras, afectando a administradores, consultores y ejecutores en sus respectivas etapas, obviando muchas veces aspectos como el incremento de población no controlada, que demanda más y mejores vías de comunicación; la necesidad de soluciones a problemáticas de tránsito cada día son más complejas para ello es necesario mejorar la manera de llevar a cabo los proyectos de ingeniería en general.

El presente trabajo de grado se denomina **IMPLEMENTACION DE METODOLOGÍA BIM EN LA ESTRUCTURACIÓN DE PROYECTOS VIALES DE TERCER ORDEN EN EL MUNICIPIO DE BARAYA HUILA**, en el cual se busca aportar desde la fase de pre factibilidad y factibilidad, la presentación de propuestas a través del uso de herramientas teórico prácticas; ya que se considera como puntos vitales y trascendentales, la toma de decisiones acerca de alternativas que se ajusten según las necesidades de la comunidad, teniendo en cuenta parámetros económicos, sociales, técnicos y ambientales.

2. ANTECEDENTES

2.1. ANTECEDENTES

Es frecuente en los proyectos de infraestructura experimentar atrasos, algunas desde las etapas conocidas como la etapa **de Prefactibilidad y Factibilidad** de proyecto, sin embargo, los retrasos son consecuencia de muchos factores que tanto contratante como contratista presentan.

En los últimos 20 años, BIM empezó a ser más popular entre las empresas, sin embargo, gracias al avance tecnológico y a la liberación de esta forma de trabajo, se logró adaptar los distintos softwares a la industria de la construcción

Los países pioneros en el desarrollo e implementación del BIM a nivel estatal son Estados Unidos (2003), Reino Unido (2011) y los países Escandinavos (2012), seguidos por Alemania, Singapur, Japón, China, Francia, España, Brasil, Chile, entre otros, los cuales tienen como objetivo principal mejorar la gestión de los contratos de obras públicas.

El viaducto Alaskan Way es uno de los proyectos de infraestructura más conocidos en el campo BIM, siendo una vía importante de comunicación de Seattle. En el año de 2001, la ciudad fue sacudida por un terremoto de 7 grados sobre la escala de Richter, este movimiento telúrico afectó la estructura del puente llevando a la administración a buscar soluciones para su reemplazo y facilitar la movilidad en la región.

La contratista Parson analizó una serie de opciones basadas en la metodología BIM, que cumplieran con parámetros de seguridad y estética para solucionar la situación. A partir de un enfoque donde las diferentes disciplinas se unificarán en un solo objetivo, se realizaron mesas de trabajo para validar las alternativas técnicamente, y apoyados en varios softwares desarrollaron modelos que facilitaban la interpretación visual de las posibilidades, implementado distintas herramientas para diseñar y generar materiales realizados en Autodesk. Luego de tener los diseños de las diferentes especialidades, se realizaron reuniones que permitieron tomar una decisión, unificando toda la información en un solo modelo bajo el trabajo del BIM mediante el software Naviswork.

Como resultado se determinó que la opción más viable era la construcción de un túnel, ya que mejoraba de gran manera factores de movilidad, confort y estética para la ciudad de Seattle; desde la parte de gestión se destacó la velocidad y la creación de alternativas de solución, la mejora en los procesos de comunicación y toma de decisiones entre cliente-empresa, consultora y la aproximación presupuestal dada la fase del proyecto. (Autodesk, 2010)

La empresa Sacyr Ingeniería e Infraestructuras fue la encargada de construir el puente Pumarejo en Colombia, realizado sobre la desembocadura del río Magdalena, esta obra del Instituto Nacional de Vías, Invías, tenía como objetivo mejorar la conexión y la navegabilidad del río, permitiendo a buques de mayor investidura navegar por el río principal del país. El puente cuenta con 2.250 metros de longitud y 800 metros de tramo atirantado, lo que le valdrá el título de ser el puente más grande de Colombia y uno de los más grandes del mundo, teniendo un costo de 615.000 millones de pesos; así mismo, la

eficacia para la construcción de este viaducto fue gracias a la implementación de modelos BIM que permitieron analizar la compatibilidad de materiales y sobre todo el comportamiento de la infraestructura. (Sacyr, 2020)

En Bogotá D.C se está llevando a cabo uno de los proyectos más ambiciosos en cuanto a movilidad, la denominada Avenida Longitudinal de Occidente (ALO); esta vía sería la única de la ciudad que atravesaría de norte a sur en ambos sentidos, descongestionando avenidas como la Boyacá y la 68 que concentran gran parte del tráfico de este sector, adicionalmente, y como lo han planteado varios expertos, no es sólo un proyecto que permitiría alivianar el tráfico gracias a la salida de una parte importante del transporte de carga que a diario debe cruzar toda la ciudad, sino que es la oportunidad de comenzar a configurar una tendencia urbana y regional diferente, teniendo a la capital como un actor importante en los procesos de articulación de la región. (David Luna, Juan Carlos Escobar , 2020)

Actualmente el proyecto está en la fase III de Diseño Geométrico, Diseño de Señalización e Implementación de protocolo en Tecnología BIM del corredor de la Avenida Longitudinal de Occidente –ALO- en una longitud aproximada de 24.5 km en doble calzada, en el tramo comprendido entre la Intersección Chusaca (Muña) y la Intersección con la Calle 13, y de la Avenida de las Américas entre la Intersección con la ALO y la Intersección con la Avenida Ciudad de Cali, Ciudad de Bogotá D.C (Emprociv, 2018)

De manera general, todos estos trabajos tienen en común la implementación de la metodología BIM, en la estructuración de obras viales de gran envergadura, toda vez que estos cuentan con una integración de diferentes disciplinas que aportan significativamente en el correcto desarrollo del proyecto. El uso de la tecnología en cuanto a softwares de modelación, posibilitan el análisis de aspectos importantes como la afinidad de materiales y el comportamiento general de la infraestructura, reduciendo el margen de error, que incluye los posibles riesgos que se pudiesen presentar.

2.2. JUSTIFICACION

La infraestructura vial de Colombia debería ser un eje fundamental en la economía, debido a la importancia de la conexión entre comunidades y centros productivos del país; las vías terciarias no son indiferentes ante esta situación; debido a que por ellas se transportan y movilizan más del 83.5% del insumo alimenticio del país.

Entre esta economía, es de vital importancia el sector del agro, no solo viéndolo desde un aspecto netamente económico, sino que pues este también hace parte de la construcción de una sociedad con sentido a la importancia que tiene el campo. El abandono y falta de mantenimiento de las vías existentes han llevado a generar un alto costo de producción, haciendo que los agricultores no puedan sacar los productos, y tengan que verse obligados a dedicarse a la producción de cultivos ilícitos. A dicha problemática la agrava la falta de inversión en materia vial, que, a su vez, se ve significativamente afectada por la corrupción en los contratistas y empresas gubernamentales.

En los últimos años el Departamento Nacional de Planeación ha empezado a generar soluciones para el mantenimiento de vías en sectores con difícil acceso, siendo así las placas huellas una solución rápida, segura y convencional; esta es una técnica utilizada para reparar y mejorar la superficie de rodadura del terreno de la vía actual y con la cual se rehabilita la vía terciaria; por lo tanto, no se verían afectadas las condiciones geométricas de la vía, sino mejorarían la eficiencia y la seguridad de esta.

Para ello se debe realizar un levantamiento topográfico utilizando drones, lo cual permitirá realizar una modelación de la zona a diseñar, implementando las metodologías BIM para saber qué tan factible es el proyecto y cuánto podría costar, de tal forma que se pueda presentar esta información a los diferentes entes para la búsqueda de recursos y ejecución de estos.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad la Red Vial Nacional cuenta con alrededor de 215.988 km, y están catalogadas en tres ramas principales, encabezando las vías de primer orden con una extensión de 17.382 Km estando a cargo del Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) y la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI), los cuales corresponden solo al (8%) del total nacional. Por otra parte, están las vías de segundo orden, representando el 21 % que están a cargo de los departamentos y tienen una extensión de 44.399 km; por último, están las vías de tercer orden o terciarias las cuales cuentan con la mayor parte de la red nacional, con 154.207 km (71%), estando a cargo de los Departamentos, los Distritos, los Municipios e INVÍAS, dentro de lo cual también se incluyen alrededor de 12.500 km de caminos privados. (BARLETTA, 2017).

Según el INVIAS, la red terciaria del país estima que solo el 6% de las vías se encuentra en buen estado (8.537 km), y el resto se encuentra en mal estado (145.670 km). En el departamento del Huila, la red terciaria se encuentra en muy malas condiciones pese a los esfuerzos que ha realizado la Gobernación en cuanto a la intervención en maquinaria en puntos críticos de comunicación vial. Bajo esta premisa, el INVIAS en el año 2019 lanzó un programa denominado “Campamentos viales” que busca levantar inventarios en la red terciaria para identificar su estado; el proyecto hace parte de “Colombia Rural”, una iniciativa del gobierno para invertir en vías rurales de todo el territorio nacional. (Planeacion Departamental del Huila, 2019). Si bien, el Gobierno Nacional está llevando a cabo procesos para el mejoramiento de estas redes viales, aún falta mucho tiempo para llegar a todos los puntos del país, entre estos aquellos centros poblados alejados, como lo es el municipio de Baraya. (Gobernacion Del Huila, 2019)

Actualmente, en el municipio de Baraya se presenta dificultad en la intercomunicación terrestre de la población rural de la vereda “El salero” hasta la vereda “Los Laureles”, principalmente en épocas de invierno; esto se debe a que la vía está en mal estado, con una superficie de rodadura insegura y en la mayoría de los casos intransitable. Tal problemática ha generado dificultad en transportar los productos agrícolas y pecuarios de estas veredas, y que son el sustento de docenas de familias campesinas. Al ser una vía terciaria de una topografía bastante compleja, se ha construido una placa huella de 2.2 km en uno de los sectores más críticos y categorizados como prioridad, este sector se denomina “Care Suegra”. La construcción de esta placa huella tuvo innumerables retrasos debido a la inadecuada gestión de recursos para su terminación y al inconstante seguimiento de obra para completar el tramo, pues el proceso inició en el año el 10 de enero del 2018 y finalizó en junio del 2020, cuando inicialmente se tenía proyectado terminarlo en ocho meses.

Los retrasos en este tipo de obras generan sobrecostos que directamente el municipio debe asumir, por tal razón se hace necesario implementar la metodología BIM, en la cual por medio de un trabajo colaborativo en el proceso de construcción se ahorran costes adicionales y se reducen riesgos e incertidumbres, garantizando de esta manera un proceso de calidad en todo el ciclo de vida de la construcción. De acuerdo con lo que propone Barrios (2018) BIM permite manejar el estado de la obra, y a su vez coordinar de manera completa todas sus etapas en cuanto a proyectos de construcción se trate, logrando así que desde la planeación hasta los resultados se manejen mínimos de error, que a

consideración actual sean tan imperceptibles que se logren optimizar tiempo y dinero en cada proyecto a desarrollar.

De lo anteriormente expuesto, la pregunta que guía este proyecto es:

¿Cómo a través de la implementación de metodologías BIM se pudo haber gestionado eficazmente los recursos, para la construcción del proyecto placa huella en la zona rural del Municipio de Baraya, en el trayecto que de “Caresuegra” conduce a la vereda Soto?

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

- Optimizar los tiempos de estructuración de proyectos de inversión implementando la Metodología BIM para la búsqueda y ejecución de recursos en el municipio de Baraya.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar un modelo a partir de la información capturada en campo por Dron y por información 2D del sector “El Salero” a la vereda Soto.
- Comparar tiempos de diseño para la estructuración de proyectos con metodología tradicional y la implementación de BIM.
- Determinar los beneficios que conlleva la implementación de la metodología BIM, en los procesos de factibilidad y prefactibilidad en el diseño de placa huella en el municipio de Baraya.

5. ALCANCES Y LIMITACIONES

5.1. ALCANCES

Identificar los tramos de vías más críticos desde la vereda “El Salero” hasta la vereda Soto para plantear el diseño de placa huellas en estos.

Diseñar una modelación en el programa InfraWorks y AutoCAD Civil 3D a partir de la información capturada por dron y de una fuente externa, que permita visualizar la zona y pueda ser alimentada con información para evaluar si es viable o inviable la construcción de un tramo de placa huella según la información obtenida.

Generar un informe a partir de la modelación, permitiendo tomar decisiones en la etapa de factibilidad y prefactibilidad en la estructuración de un proyecto para la gestión de recursos.

5.2. LIMITACIONES

El tiempo de vuelo del dron es limitado a solo 30 minutos, por ende, solo se pudo analizar un tramo con información geográfica, cada 2 horas.

Acceso limitado sobre los costos y planos del tramo de placa huella que se construyeron en el sector de “Care suegra”.

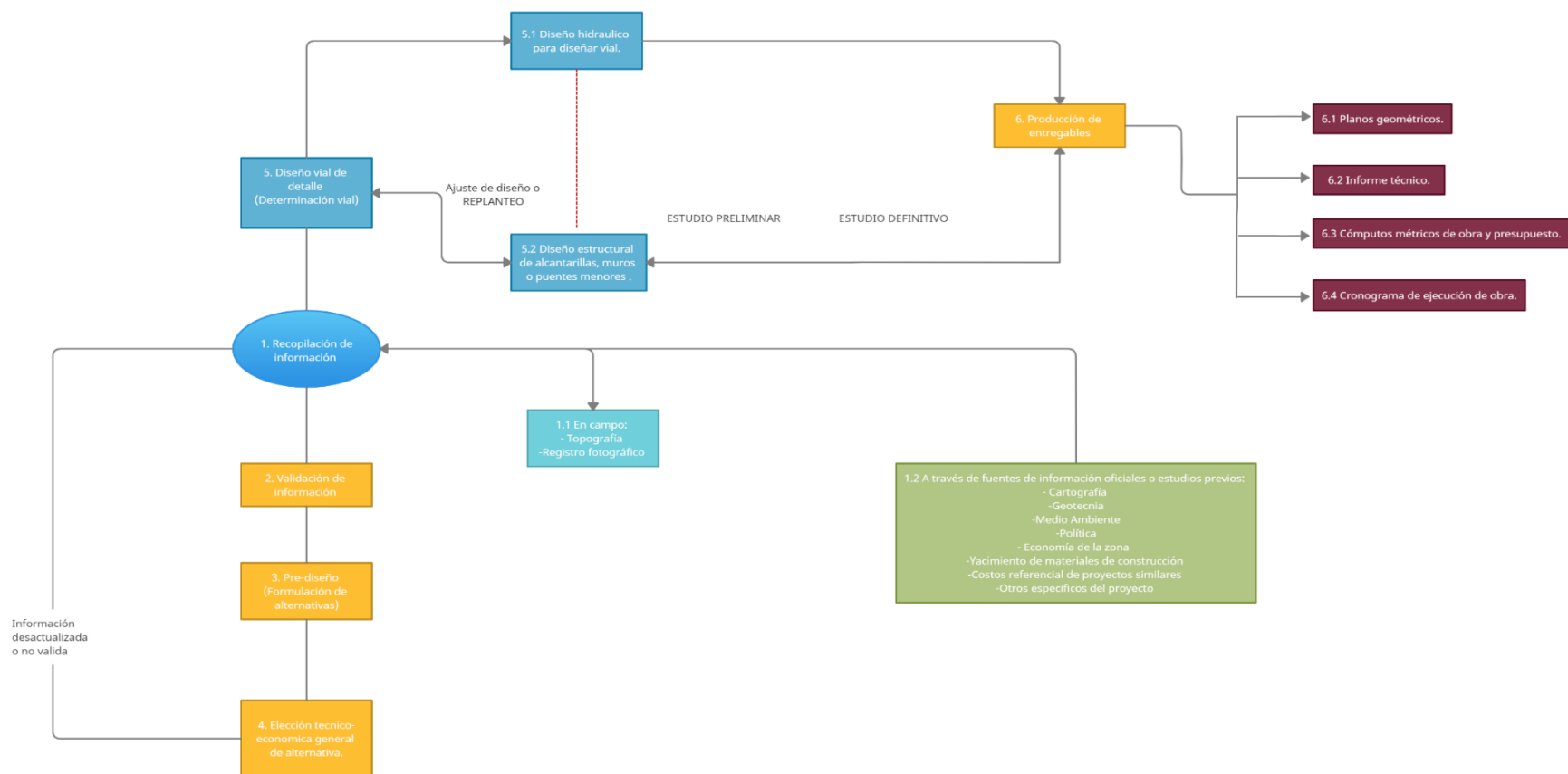
Las condiciones meteorológicas en algunas ocasiones no son favorables para desarrollar el plan de vuelo en dron.

La captura de información no se puede repetir, ya que el dron fue alquilado y conllevaría un sobre costo en el desarrollo del proyecto.

La zona está catalogada como difícil acceso en cuanto al orden público, ya que el municipio ha sido golpeado fuertemente por el conflicto armado.

6. MARCO DE REFERENCIA

Ilustración 1 Diagrama de flujo marco de referencia



Fuente: autoría Propia

7. MARCO TEORICO

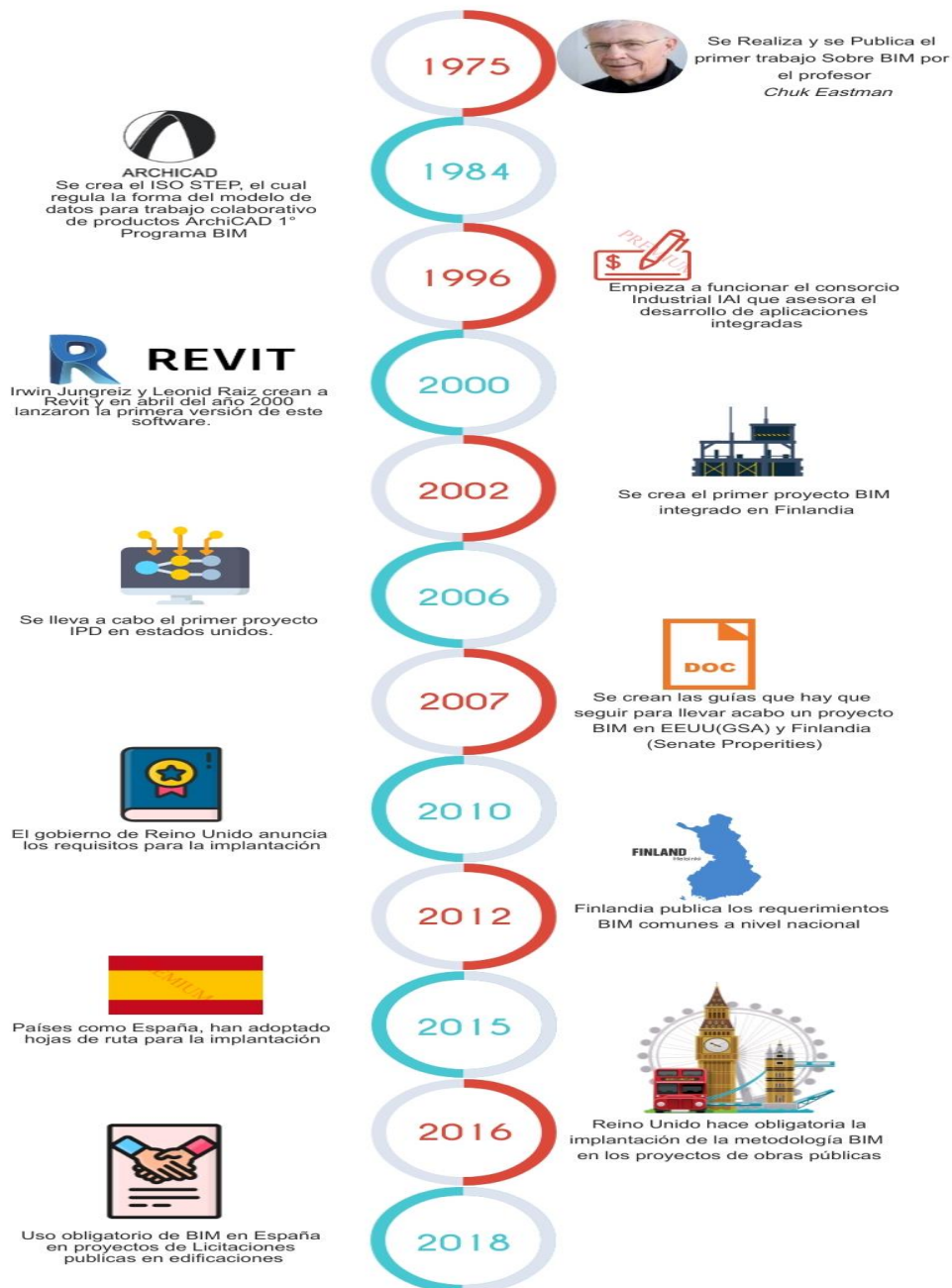
Charles M. “Chuck” en 1975 en la publicación “AIA Journal” hace mención a un concepto llamado “Building Description System”, en este documento es la primera vez que se puede hacer relación con el termino BIM como se conoce hoy en día, sin embargo, quien popularizó este término unos años más tarde para la representación digital de procesos de construcción fue Jerry Laiserin. (Chuck , y otros, 2008)

“BIM es una nueva metodología de trabajo basada en la unificación y digitalización de información entre los distintos colaboradores a lo largo del ciclo de vida de un proyecto de construcción o de infraestructura. La implementación de esta metodología propone un cambio radical en la forma tradicional de trabajo en el sector de la construcción, al ser un trabajo basado en el trabajo colaborativo, y conlleva al aumento de competitividad e importantes ahorros de costes de obra, derivados de la reducción de riesgos e incertidumbres y del incremento en la calidad durante todo el ciclo de vida de la construcción.” (Obras Urbanas, 2018)

Una de las principales finalidades del Building Information Modeling es concentrar el proyecto en un solo modelo de información (visual y técnico) que optimice los procesos de toma de decisiones por parte de los agentes involucrados, entendiendo como agentes a los consultores, diseñadores, interventores, clientes y en general a las personas o entidades que tengan injerencia en la obra civil.

BIM Es un acrónimo donde su significado es el siguiente: B es Building hace referencia a construcción, no a edificio ya que este término es anglosajón; en BIM su aplicabilidad se implementa tanto en infraestructura como en edificación. La siguiente sigla es del acrónimo de Information, la cual se trata de la información que pueda contener un proyecto, y es el componente principal que fundamenta el BIM; y por último la M hace la referencia a Modeling, entendiéndose como Modelado, lo cual representa elementos tridimensionales basados en la información capturados en campo, y desarrollado por los diferentes profesionales que se compila en un solo archivo colaborativo.

Ilustración 2 Evolución del Building Information Modeling (BIM)



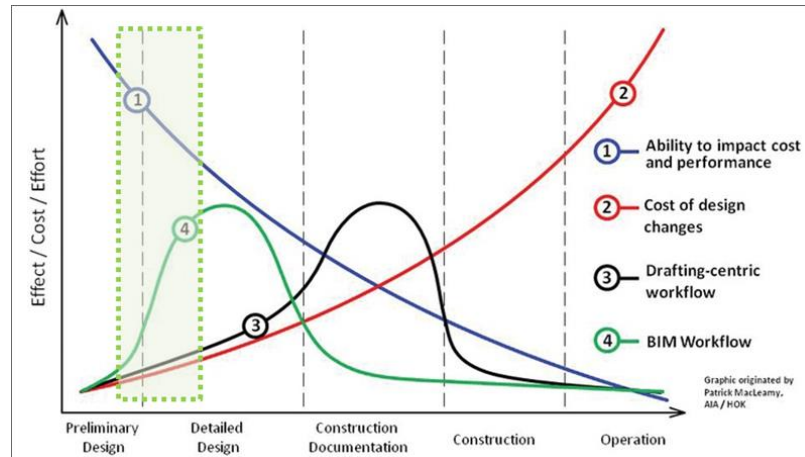
Fuente: autoría Propia

El BIM se fundamenta en tres pilares que se desarrollarán progresivamente a lo largo del proyecto:

- **La comunicación:** este pilar permite el correcto trabajo y coordinación entre las diferentes disciplinas, definiendo conductos regulares del flujo de la información.

- **La interoperabilidad:** posibilita y direcciona el intercambio de conocimientos y decisiones entre las diferentes entidades o profesionales que participan en el proyecto, donde la información es multi- direccional permitiendo conocer la situación real del proyecto contemplando todas las especialidades, y así evitar inconsistencias técnicas.
- **La implementación de herramientas tecnológicas:** estas facilitan la representación de la realidad, lo cual favorece a que en la etapa de construcción las incertidumbres sean menores y en misma medida los sobrecostos.

Gráfico 1 Curva de MacLeamy (2004)



Fuente: Curva de MacLeamy. Flujo de trabajo BIM vs Flujo de Trabajo Tradicional

El gráfico representa la forma de trabajo tradicional frente a un modelo o forma de trabajo ideal. En su eje de abscisas está la variable tiempo enfocada a las distintas fases de proyecto, mientras que en el eje de ordenadas se refleja el esfuerzo y el impacto de un cambio en el proyecto. (GRAU, 2014)

Curva:

La posibilidad de reducir el impacto económico en el proyecto ante cualquier cambio. Costos ocasionados por los cambios realizados.

Forma tradicional de trabajo.

Forma ideal de trabajo. "BIM + IPD" (entornos de trabajo colaborativo).

Por lo que respecta a eje del tiempo, queda dividido según las fases de proyecto:

Promoción y pre-diseño.

Estudio previo.

Desarrollo del diseño (proyecto).

Proyecto de ejecución (documentación de construcción).

Contratación.

Gestión de la construcción.

Explotación.

Analizando la gráfica se deduce que el trabajo tradicional se acostumbra a realizar los cambios durante la ejecución del proyecto, lo que supone una menor capacidad de

reducción del impacto económico, elevando los costos de proyecto. La fase en la que más se trabaja es en la de redacción de proyecto de ejecución, debido a los constantes cambios.

7.1. NIVEL DE MADUREZ

El nivel de madurez hace referencia genérica que indica cuán “madura” está una organización aplicando un proceso en concreto. Se representa por una escala numérica o alfabética, un extremo representa una aplicación nula, y el otro extremo de la escala representa una aplicación total del proceso en cuestión (Linarez, 2019)

7.2. BIM NIVEL 0 (COLABORACIÓN BAJA)

Esta fase se caracteriza por ser un proceso sencillo cuyo objetivo es la obtención de datos y no comprende ningún nivel de cooperación.

Este proceso de generación de información se realiza mediante las metodologías tradicionales que comprenden documentos no editables, dibujos en papel o en un formato digital, o por diseño asistido por computadora (CAD) a parte de los diferentes contratistas del proyecto.

7.3. BIM NIVEL 1 (COLABORACIÓN PARCIAL)

Implica una combinación de modelación en 3D lo cual permite una conceptualización del proyecto, y a su vez el uso del 2D para la documentación de este. En esta fase, el intercambio de información en la nube se realiza desde un entorno de datos común (CDE), el trabajo colaborativo entre las demás disciplinas no existe, a esto se le ha denominado “lonely BIM”.

7.4. BIM NIVEL 2 (COLABORACIÓN COMPLETA)

El modelado en 3D permite ser alimentado de información con datos creados en distintos modelos por cada disciplina. Por ende, aparece el flujo de trabajo colaborativo donde todos los actores involucrados en el proyecto de construcción comparten la información a través de un formato de archivo común; de este modo pueden tener múltiples modelos por separado permitiendo ensamblarse posteriormente para formar un modelo único, cuya información se comparte dentro de un entorno de datos común.

7.5. BIM NIVEL 3 (INTEGRACIÓN COMPLETA)

Conocido como Open BIM, ya que permite un trabajo integrado entre las distintas disciplinas integradas en el modelo alojado en el CDE; trabajando así en un único modelo de proyecto compartido en tiempo real; obteniendo beneficios de modo que se eliminan los riesgos de sobre costos y una mejor gestión del riesgo de proyecto.

Gráfico 2. Nivel de Madurez BIM



Fuente: autoría Propia

7.6. PROTOCOLO BIM

Es un documento desarrollado en el año 2013 en el Reino Unido donde se crean derechos, obligaciones y ciertas restricciones entre el contratante y el contratista. Aquí se define un documento donde se identifican las responsabilidades según los niveles de detalle en los diseños, en un apartado se señalan los derechos de autor, el cual limitara la distribución y el uso de terceros sobre la información que se creen dentro del proyecto. También habrá un ítem de entregables BIM de acuerdo con la etapa que sea contratada (prefactibilidad, factibilidad, construcción, operación).

7.7. REQUISITOS DE INFORMACIÓN DEL CONTRATISTA (EIR)

El EIR (Employer Information Requirements) es un documento donde se reúnen los requisitos de información establecidos por el cliente en un proyecto desarrollado bajo metodología BIM; siendo así, el EIR es la actividad que le da inicio al proyecto. Todo esto se da bajo una reunión dirigida por un BIM Manager, quien es la persona que posee el conocimiento avanzado en gerencia BIM.

7.8. PLAN DE EJECUCIÓN BIM

Uno de los principales motivos por los que el BEP (BIM Execution Plan) es esencial es porque permite asegurarse que todos los integrantes del proyecto están colaborando y cooperando. El BEP inicial se crea antes del contrato, con el fin de que los proveedores estén informados del enfoque previsto para el proyecto, así como la ruta para llevar a cabo dichas actividades, teniendo en cuenta aspectos culturales de cada región.

7.9. PLAN DE EJECUCIÓN BIM SINGAPUR FUENTE: BUILDING

Se hace explícita la importancia de los elementos paramétricos dentro de los softwares BIM ya que estos permiten asociarles atributos particulares de material como costo y durabilidad, esto facilitara el control de presupuestos en sus etapas iniciales y utilizarse como control en la vida útil de la construcción.

Dentro del estudio desarrollado por las diferentes entidades que llevaron a cabo el PEB de Singapur, encontraron que la aplicación de la metodología BIM implicaba un aumento de 2.5 puntos porcentuales en las fases de diseño preliminar y en el desarrollo de este, pero que permitía una reducción del 5 % en las etapas de construcción.

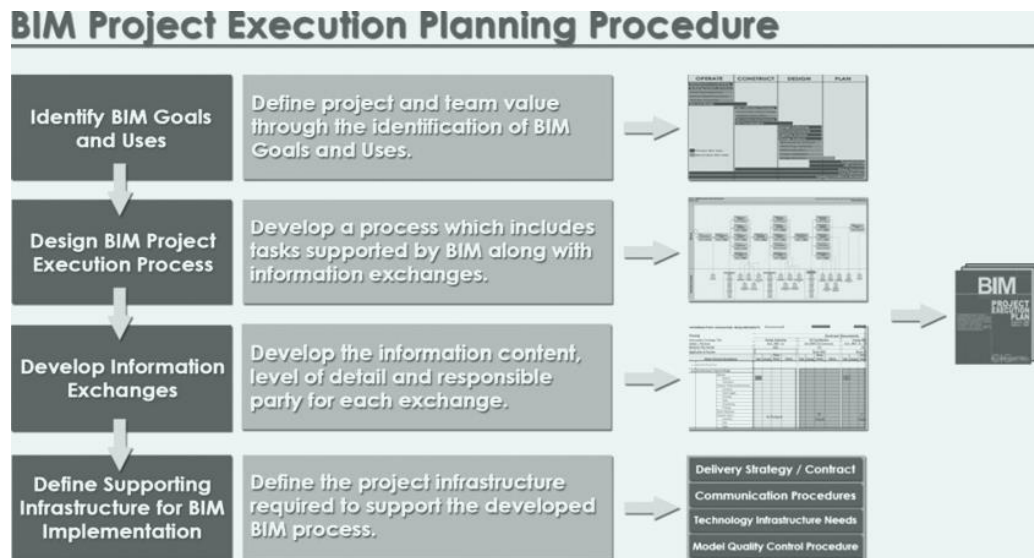
Una característica propia del BEP Singapur que lo diferencia de los demás es la definición de flujos de trabajo específicos para dos tipologías: 1. Diseño y construcción, y 2. Proyectos de diseño, licitación y construcción, donde se hace énfasis en los modelos y los sistemas de coordinación entre las diferentes especialidades. (Salinas Saavedra, y otros, 2013)

7.10. PLAN DE EJECUCIÓN DE PENNSYLVANIA (PENN STATE)

Este plan de ejecución BIM es el más longevo en temas de investigación, su grupo de investigación llamado Computer Integrate Construction fue conformado a finales de la década de 1980, con el objetivo de transformar procesos industriales de construcción para mejorar rendimientos y garantizar la calidad de los proyectos basados en la tecnología. El CIC trabaja en conjunto con la Universidad de Pennsylvania State que ha sido líder en los procesos de integración de la metodología BIM. (Mendigaño, 2019)

El PEB Penn State busca desarrollar procesos que permitan la planificación y la comunicación entre las diferentes especialidades del proyecto de construcción, lo cual se realiza mediante una identificación de metas y usos que varían según las necesidades.

Gráfico 3 La guía de planificación de la ejecución de proyectos BIM



Fuente: guía de planificación de la ejecución de proyectos BIM

- 1). En el primer paso se encuentra la Planificación de la ejecución de un proyecto BIM. En este apartado detallan cual es la ruta a seguir para la realización de un proyecto BIM .
- 2). El segundo paso se aplica el método de identificación de usos BIM. En este capítulo se detallan los posibles usos BIM que puede contener tu proyecto y saber diferenciarlos entre si.
- 3). El tercer paso consta en la procedimentación de procesos BIM . Cómo bien dice su título, aprender qué son los procesos BIM como procedimentales.
- 4). En el cuarto paso se definen los requisitos de intercambio de información.
- 5). En el quinto paso se tiene en cuenta la definición de la infraestructura necesaria para soportar el proceso BIM, empezando por personal, equipos o software.
- 6) En el sexto paso consta de la implementación del procedimiento en el equipo a través de reuniones y tareas. Es muy importante que todo el equipo esté informado de todos los cambios y nuevos procedimientos que le afecten.
- 7) En el séptimo paso se visualiza estructuración para el desarrollo organizacional individual de métodos para la implementación de BIM.
- 8) En el octavo paso se procede a hacer recomendaciones y conclusiones para proyectos y organizaciones: PEB.

7.11. PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL EN COLOMBIA

Infraestructura del transporte cuya finalidad es permitir la circulación de vehículos en condiciones de continuidad en el espacio y la época, con niveles adecuados de estabilidad y de tranquilidad. Puede estar conformada por una o numerosas calzadas, uno o diversos

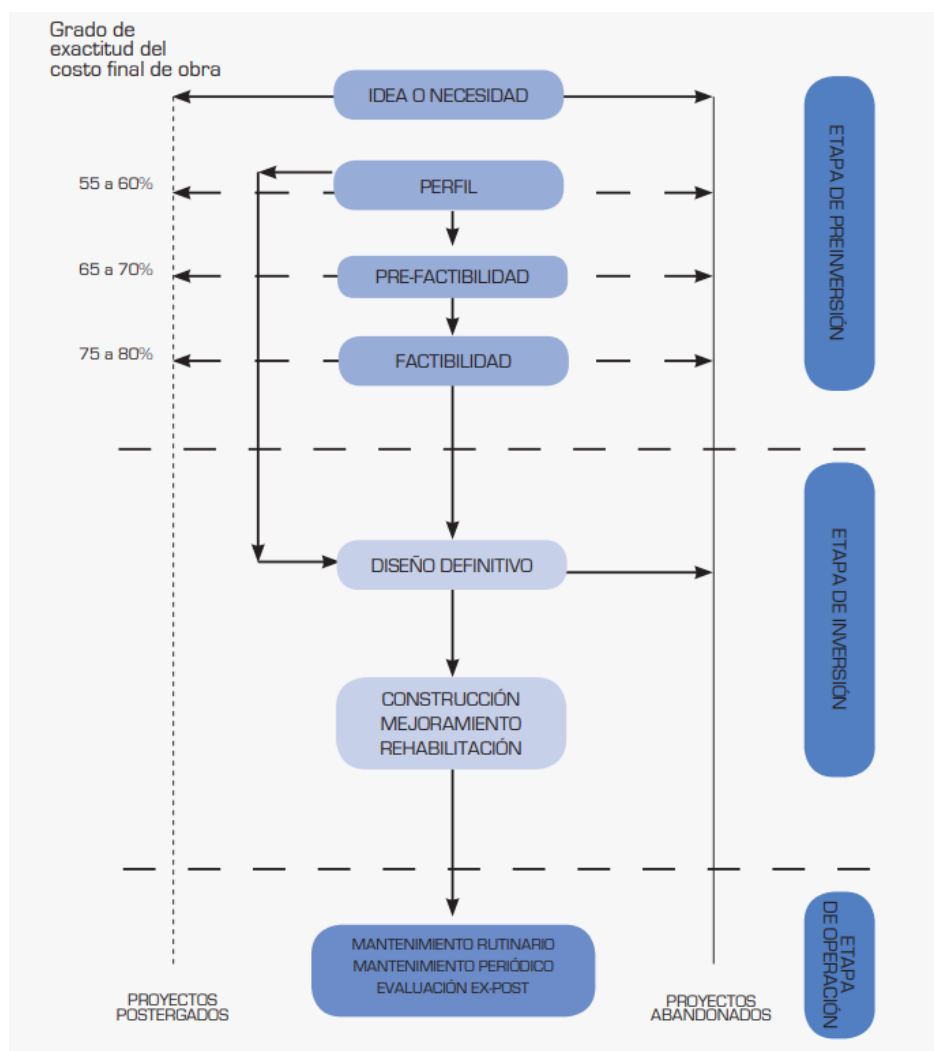
sentidos de circulación o uno o diversos carriles en cada sentido, según con las exigencias de la demanda de tránsito y la categorización servible de la misma.

Un proyecto inicia a partir de que se identifica el problema o la necesidad que debería ser solucionada, y finaliza en el instante en que se consigue ofrecer solución y se sacia tal necesidad, alcanzando las metas esperadas por el mismo. Las diversas fases por las que debería pasar el plan es lo que se llama periodo de vida del plan.

Para que se cumpla de manera adecuada el ciclo de vida de un proyecto, es necesario que se lleven a cabo las siguientes etapas: preinversión, inversión y operación.

El principio del PMI cubija los proyectos de infraestructura donde se tienen en cuenta los estudios de ingeniería para ejecución en tres fases; Fase 1: Prefactibilidad, Fase 2: Factibilidad, y Fase 3: Estudios y diseños definidos por el sustento legislativo la ley 1682 de 2013. En esta ley se plasma la división de los estudios de ingeniería para ejecución en tres fases: Fase 1: Prefactibilidad, Fase 2: Factibilidad y Fase 3: Estudios y diseños definitivos además de sus alcances. (CONGRESO DE LA REPÚBLICA, 2013)

Gráfico 4. Ciclo de maduración de un proyecto de infraestructura de transporte (Cámara Colombiana de la Infraestructura, 2016)



Fuente: cámara colombiana de la infraestructura

El grado de precisión de las cuantificaciones y el margen de error o riesgo potencial de los diferentes aspectos, dependiendo de los niveles de profundización, se suelen denominar los estudios como:

- 1) Identificación de la idea.
- 2) Perfil preliminar.
- 3) Estudio de prefactibilidad (Fase I).
- 4) Estudio de factibilidad (Fase II).

7.12. IDENTIFICACIÓN DE LA IDEA

Tiene por objeto detectar de manera bastante preliminar una necesidad o problema que existe, y las ocupaciones por medio de las cuales se podría resolver, derivada de planes en

general de desarrollo económico y social, de políticas, planes sectoriales, de otros proyectos o estudios. Una metodología aconsejable en esta primera fase es plantearse una secuencia de preguntas que se tienen que responder más adelante. Las fuentes correctas para esta primera fase son las monografías, estudios regionales y los diagnósticos sectoriales.

7.13. PERFIL PRELIMINAR

Es un primer borrador del plan que se prepara desde la información que existe (origen secundario), el juicio común y la vivencia de los relacionados. Posibilita profundizar los datos e información importante en los puntos del plan que lo requieran, y consigue una primera aproximación al tamaño de las inversiones, los precios y las ganancias que identifican preliminares “flujos de caja”. Estos últimos permiten viabilizar el plan con los precedentes accesibles o no, constantemente que se haya llegado a un nivel aceptable de certidumbre en relación con la conveniencia de materializarlo, o renunciar a de manera definitiva la iniciativa, si el perfil es desfavorable y postergar la ejecución del plan.

El contenido mínimo de los productos entregables, cuando el proyecto se encuentra en esta fase de “perfil” son:

Una parte introductoria donde se aclaran los objetivos del proyecto, las metas a corto, mediano y largo plazo, los eventuales beneficiarios, la motivación del mismo y su justificación, si es del caso.

Una presentación monográfica característica del sector y la región donde se desarrollará el proyecto.

El resumen de las conclusiones derivadas de cada uno de los aspectos estudiados y las recomendaciones argumentadas sobre lo que se va a ejecutar, aplazar o pasar a la fase de prefactibilidad. (Cámara Colombiana de la Infraestructura, 2016)

7.14. ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD

“En el estudio de prefactibilidad, o también denominado estudio Fase I, es la disponibilidad de información determina el nivel de precisión y el esfuerzo requerido para el análisis. Se trabaja con información secundaria, acudiendo si es posible a información primaria para algunas variables relevantes. El propósito en esta etapa es el de limitar los costos de un proceso incremental, durante el cual se puede rechazar la idea del proyecto en cualquier momento.” (Camara colombiana de Infraestructura, 2012)

Durante esta fase se busca establecer si el proyecto ofrece retribución económica; para los casos de empresas privadas se requiere que superen indicadores Beneficio/Costo o Tasa Interna de Retorno (TIR). Se deben tener en cuenta los siguientes parámetros:

- 1.) La identificación de uno o más corredores viales posibles.
- 2.) El prediseño de cada corredor a lo largo de la vía.
- 3.) Los costos y condiciones similares que posean los proyectos.

7.15. FACTIBILIDAD – INGENIERÍA BÁSICA

En los estudios de factibilidad o de Etapa II, se busca perfeccionar la opción escogida o recomendada en la prefactibilidad, lo cual busca disminuir el grado de incertidumbre más alto que posea el proyecto, mejorando los estudios de la solución recomendada y amplía tanto los puntos técnicos como los financieros, económicos y del medio ambiente, con el propósito de implantar el plan más correcto y óptimo para la sociedad.

7.16. EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA:

Otorga a los analistas instrumentos de decisión objetivos, que permiten examinar opciones entre las diferentes alternativas de utilización de los recursos. Algunos de los criterios usuales de evaluación son:

7.17. COSTO-BENEFICIO:

Establece y compara la productividad de los proyectos, contrastando el flujo de precios y beneficios actualizados, que se desprenden de su utilización.

7.18. COSTO-EFECTIVIDAD:

Compara los costos monetarios, con la posibilidad de alcanzar eficientemente ciertos objetivos que no pueden expresarse en términos monetarios. Se deben tener en cuenta posibles externalidades de los proyectos.

7.19. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CONVENCIONAL

Tiene como objetivo medir extensiones de tierra recopilando información suficiente para poder alimentar un plano detallado de los accidentes y la forma de la superficie terrestre (Torres Nieto, y otros, 2011). Este sistema permite la obtención de datos básicos para la realización de diseños trazados y trazabilidad de información, y debe realizarse con la mayor brevedad posible.

En el levantamiento topográfico convencional se debe tener en cuenta que los equipos cumplan con las características específicas según el proyecto al que se vaya a implementar.

Gráfico 5. Estándares según su aplicación (CODAZZI, 2004)

TIPO O CLASE	PRECISIÓN DEL CIERRE	PRECISIÓN DEL CIERRE	APLICACIÓN	CONDICIONES DE EJECUCIÓN	
	HORIZONTAL	VERTICAL		HORIZONTAL	VERTICAL
1	1:20000		Poligonales de apoyo para levantamientos de alta precisión en ciudades y proyectos especiales	GNSS:	Nivelación Topográfica
				Estático	
				Diferencial	Nivelación Trigonométrica
				Estación Total	
2	1:10000	Este valor no aplica para levantamientos catastrales	Levantamientos topográficos de precisión en zonas urbanas y rurales de alto impacto económico	GNSS:	Nivelación Topográfica
				Estático	
				Diferencial	Nivelación Trigonométrica
				Estación Total	
3	1:5000,	Este valor no aplica para levantamientos catastrales	Levantamientos topográficos de precisión	GNSS:	Nivelación Topográfica
				Estático Rápido	
				Diferencial	Nivelación Trigonométrica
				Estación Total	
4	1:2500,	Levantamientos pequeñas áreas	GNSS: Cinemático Diferencial	Nivelación Topográfica	Nivelación Topográfica
			Estación Total	Nivelación Trigonométrica	Nivelación Trigonométrica

Fuente: Instituto geográfico Agustín Codazzi

7.20. RADIACIÓN

Consiste en realizar la toma de detalles de terreno, límites de predios y accidentes geográficos desde cada estación (Alvaro Torres Nieto, 2001). Dependiendo del equipo utilizado se pueden realizar diferentes tipos de radiaciones si se utiliza estación total, que permiten guardar la información en un módulo de memoria interna. Los equipos que no posean este tipo de tecnología, se deberá entregar la información en una cartera de campo, esta es realizada a mano y deberá contener descripción, ángulo distancia, estación, desde donde fue tomado y el croquis de la radiación.

7.21. MODELOS DIGITALES DE TERRENO

Obtenidos todos los detalles de campo se proceden a realizar los Modelos Digitales de Terreno MDT, los cuales son una categoría de modelación numérica que describe la distribución espacial de la corteza terrestre; para obtener estos modelos es necesario poseer una malla de puntos tridimensional con coordenadas Este, Norte y Elevación.

7.22. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO POR MEDIO DE DRONE

7.22.1. Drone

Un Drone es una plataforma dotada de sensores que tiene por finalidad la obtención de datos geoespaciales; esta definición permite comprender por qué esta tecnología Drone en sus principios fue utilizada para tareas netamente militares, ya que bajo una adecuada manipulación no se expondrían vidas humanas. Dada la amalgama de resultado que se podrá obtener con los Drones, fue necesaria una clasificación para los diferentes usos que se le puede dar en el mercado:

Los Drones de ala rotativa pueden diferenciarse en dos grupos: los **helicópteros** muy versátiles de gran autonomía puesto que solo tiene una hélice, pero tienen grandes grandes falencias mecánicas, y los Drones con **multirrotores** poseen una gran versatilidad por su simpleza de ensamblaje y la facilidad para ser pilotados. (INVIAS, 2016). Los Drones tienen un módulo GPS indispensable para recorrer el trazado de la ruta de vuelo, hélices encargadas de mantenerlo en el aire y la batería que posee la energía necesaria para que realice las actividades.

7.22.2. Diseño de vuelo.

El diseño de vuelo tiene como fin realizar un trazado el cual la aeronave va como guía para capturar con la máxima calidad y precisión la información que desea; esta actividad se lleva a cabo por medio de la plataforma PIX 4D, esta ayudo a realizar una ruta de vuelo autónoma para el Drone sobre dicha ruta, en las cuales se proyectarán las imágenes con coordenadas y se orientarán las fotos de tal manera que tengan la mejor cobertura. Cabe anotar que esta actividad de captura de información por medio de los drones se realizó mucho antes de que el país estuviera en la situación de coyuntura de salud pública que hoy nos encontramos.

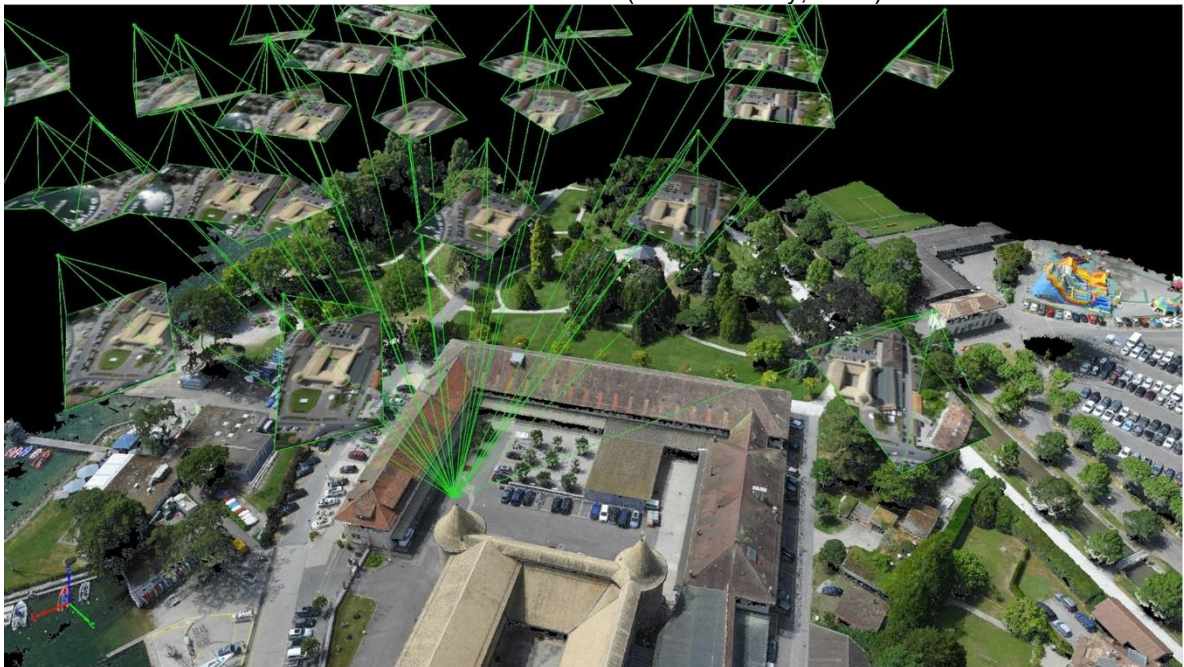
7.22.3. Procesamiento de Imágenes.

El procesamiento de imágenes se realizará con el programa PIX4D. Por medio de las coordenadas satelitales el software se apoya para dar la posición de cada foto, estos programas están diseñados para identificar la relación entre los píxeles para realizar los traslapes respectivos, esto se puede ajustar por medio de los puntos de referencia. En su gran mayoría estos procesos se realizan por medio de procesos matriciales que relacionen las diferentes características de cada píxel.

7.22.4. Ortofoto Mosaicos.

Es el resultado de la extracción de las imágenes corregidas, este ortofoto mosaico que se aprecia en la siguiente ilustración, es el producto de la unión por medio de los traslapes de la serie de imágenes tomadas por el Drone, debido a que las imágenes ya se encuentran corregidas sobre este producto se pueden realizar mediciones de terreno.

Gráfico 6 Ortomosaico (UAVSenseFly, 2021)



Fuente: sense fly 2017

7.23. CLASIFICACIÓN DE LAS VIAS.

De acuerdo con la ley 1228 de 2008 del Ministerio de Transporte de la República de Colombia, se estableció reordenar el Sistema Nacional de Carreteras o Red Vial Nacional de carreteras en todas y cada una de las singularidades administrativas existentes.

Para ello definió según el grado de funcionalidad los siguientes niveles

7.23.1. Vías de Primer Orden.

Son vías de primer orden las cuales cumplen las funciones de comunicar zonas de producción y departamentos teniendo unas características donde el volumen de tránsito sea igual o superior a 700 vehículos diarios y estén construidas en doble calzada.

7.23.2. Vías de Segundo Orden.

Se denominan vías de segundo orden aquellas que comunican dos o más municipio con una vía de primer orden; construidas en calzadas sencillas cuyo ancho sea menor de 7,30 m; las carreteras consideradas como secundarias pueden funcionar pavimentadas o en afirmado.

7.23.3. Vías de Tercer Orden.

Su función es permitir la comunicación entre dos o más veredas de un municipio o con una vía de segundo orden, y su volumen de tránsito es inferior a 150 vehículos.

7.23.4. Velocidad de Diseño.

Cuando se va a asignar la velocidad de diseño a una vía se debe otorgar la máxima prioridad a la seguridad de los usuarios. Por eso a lo largo del trazo los conductores no pueden ser sorprendidos por cambios abruptos o frecuentes en la velocidad.

El diseñador debe garantizar una velocidad promedio que se identifica a lo largo de tramos homogéneos a los cuales se les puede asignar una velocidad dependiendo del análisis topográfico.

Tabla 1 Velocidad de Diseño de Tramo (INVIAS, 2013)

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÉNEO V _{TR} (km/h)									
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	-	-	-	-	-	6	6	6	5	5
Primaria de una calzada	-	-	-	-	7	7	6	6	5	-
Secundaria	-	-	7	7	7	7	6	-	-	-
Terciaria	7	7	7	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Manual de diseño Geométrico.2013

La velocidad de diseño de un tramo homogéneo está definida en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno. A un tramo homogéneo se le puede asignar una velocidad de diseño indicado.

Tabla 2. Valores de la Velocidad de Diseño de los Tramos Homogéneos (VTR) en (INVIAS, 2013)

Tipo de carretera	Tipo de terreno	Velocidad de diseño Vd (km/h)									
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Carretera principal de dos calzadas	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Carretera principal de una calzada	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Carretera secundaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Carretera terciaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										

Fuente: Manual de diseño Geométrico.2013

7.24. PLACA HUELLA.

La placa constituye una solución para las vías terciarias de carácter vereda, que presentan un volumen de tránsito bajo con muy pocos buses y camiones al día, siendo más frecuentes los automóviles.

Las ventajas de las placas huellas son:

- 1). Ofrecer una permanente circulación de tránsito en un amplio periodo de tiempo.
- 2). No requieren obras de mantenimiento diferentes a limpieza.
- 3). No requiere alterar la geometría de la vía existente.
- 4). Reduce los costos a diferencia de pavimentar.
- 5). Ofrece la posibilidad de utilización de materiales locales para la construcción.

7.25. DIMENSIONES DE LA PLACA HUELLA.

7.25.1. Espesor

De acuerdo con la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella del Instituto Nacional de Vías (INVIAS), el espesor requerido de concreto debe soportar esfuerzos generados por un camino C-3, el cual debe ser de 15 cm.

7.25.2. Sección transversal en tangente

La Guía de diseño de Pavimentos con Placa-huella del Instituto Nacional de Vías, recomienda una sección transversal en tangente de cinco 5,00 m de ancho, adicionalmente, las placas-huella deben ser de 90 cm de ancho, separadas por una franja central también de 90 cm en piedra pegada. (2017)

7.25.3. Sección transversal en curva

Dependiendo de su deflexión y radio de curvatura, las curvas horizontales pueden requerir placas-huella de anchos mayores. En la presente Guía se han establecido para las placas-huella en curva tres, los siguientes valores de ancho: noventa centímetros (0,90 m), un metro con treinta y cinco centímetros (1,35 m) y un metro con ochenta centímetros (1,80 m).

7.25.4. Riostra:

La riostra es una viga transversal de concreto reforzado, en la que su acero de refuerzo se entrecruza con el acero de refuerzo de la placa-huella del módulo anterior y con el acero de refuerzo de la placa-huella del módulo siguiente. El ancho de la riostra es de 20 cm y su peralte de 30 cm, esta se apoya totalmente sobre la superficie existente, es decir, sobre la superficie en la que se construye la subbase, previa la colocación de un solado de limpieza de 3 cm de espesor. (2017)

La longitud de la riostra es variable y se ajusta al ancho de la sección transversal sea ésta en tangente, en curva, en transición del sobreancho o en Zona de Cruce. Esta última es un

tramo en tangente cuya sección transversal se ha ampliado para permitir el cruce de dos vehículos grandes como son los camiones y los buses.

7.25.5. Concreto para placa-huella y para franjas de piedra pegada.

En la mayoría de las obras de pavimentación con placa-huella el concreto utilizado se fabrica en la vía, en donde no existen los medios para ejercer un control de calidad similar al ejercido en las plantas de concreto. La Guía especifica que la fabricación de los elementos estructurales del pavimento se debe realizar con concreto de calidad aceptable, que en este caso se asimila a una resistencia a la compresión a los 28 días $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. (EPM, 2018).

PIEDRA PEGADA

La piedra pegada debe estar conformada por un concreto ciclópeo, compuesto por 60% de concreto simple y 40% de agregado ciclópeo, con las siguientes características:

CONCRETO CICLÓPEO:

- Resistencia a la compresión a los 28 días $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- Tamaño máximo del agregado grueso $T_{\text{máx.}} = 38 \text{ mm}$
- Asentamiento = 5 cm

ACERO DE REFUERZO:

El acero de refuerzo se debe colocar en la mitad del espesor de la placa-huella, lo que implica un recubrimiento de siete y medio centímetros (0,075 m) tanto en la cara superior como en la inferior. (EPM, 2018)

La placa huella debe contar con una parrilla conformada por varillas #4 cada 0,15 m en el sentido longitudinal, y varillas #2 cada 0,30 m en el sentido transversal de la placa, respetando el recubrimiento de 0,075 m en las caras superior e inferior.

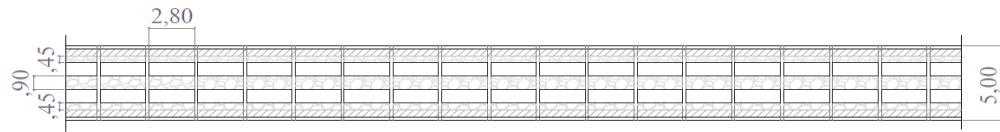
BERMA-CUNETA Y BORDILLO

Son elementos de drenaje superficial contruidos en concreto reforzado, fundidos monolíticamente ya articulados estructuralmente a la riostra.

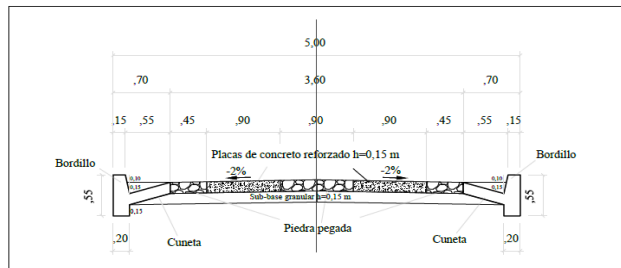
OTROS ELEMENTOS DE DRENAJE SUPERFICIAL

Adicionalmente a las berma-cunetas, el pavimento debe complementarse con alcantarillas y aliviaderos, así como con subdrenajes en el caso de que sean requeridos.

Gráfico 7. Vista en planta y sección en un tramo recto Placa Huella (2017)



Vista en planta



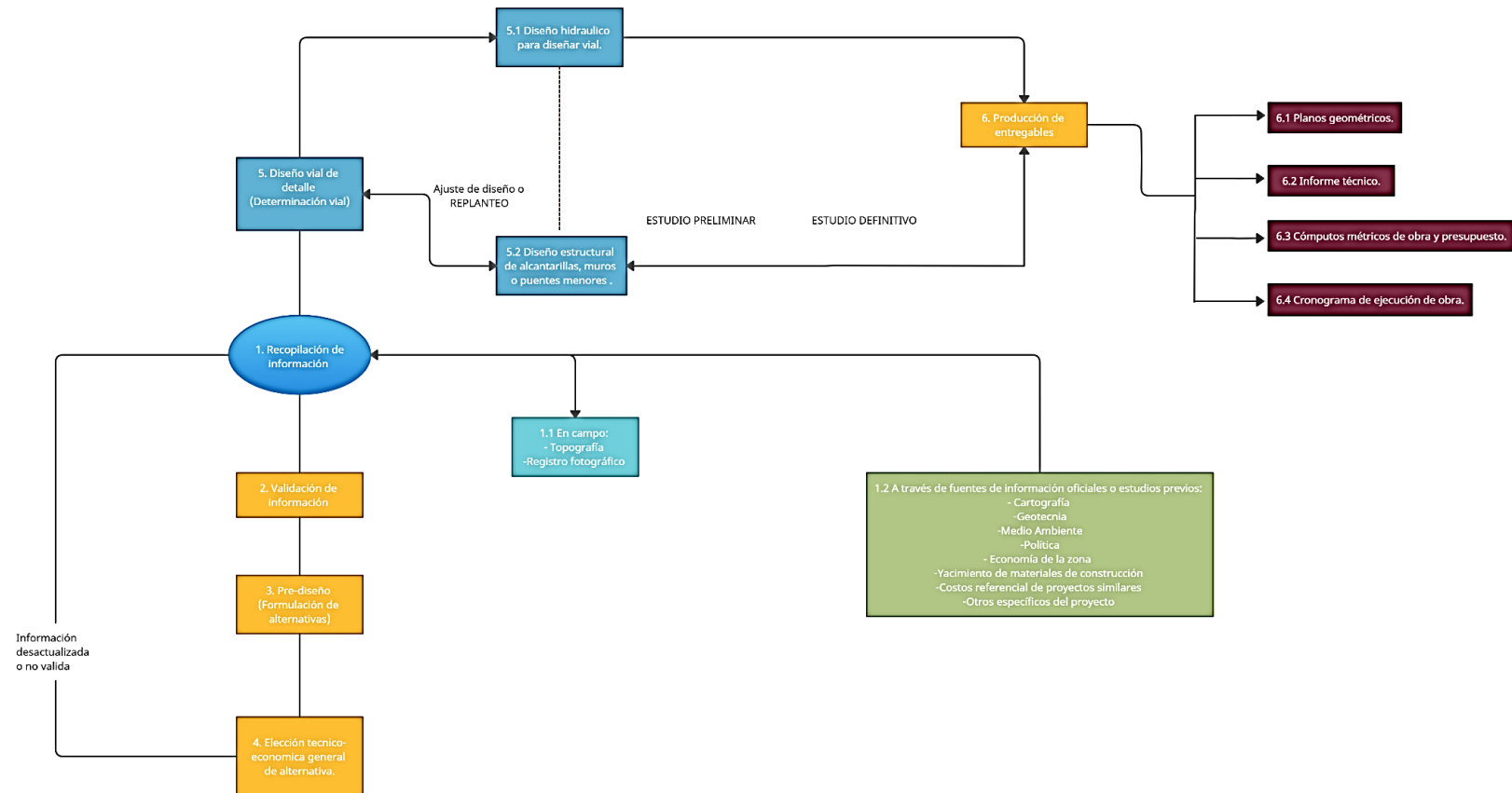
CONVENCIONES	
	Placa-huella. Longitud 2,80 m; ancho 0,90 m
	Cuneta. Ancho 0,50 m
	Piedra pegada
	Riostra. Ancho 0,20 m
	Bordillo. Ancho 0,20 m

Sección transversal

Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa - Huella

8. MARCO CONCEPTUAL

Gráfico 8 proceso del marco conceptual



Fuente: Propia

9. METODOLOGÍA

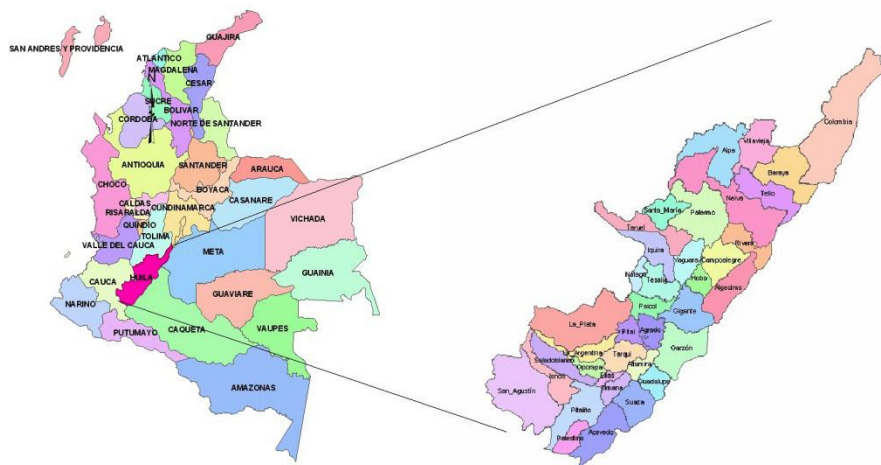
ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN

El enfoque del proyecto corresponde a una investigación mixta, ya que los diseños involucran dimensiones, áreas y volúmenes cuantificados, y a su vez una caracterización de la zona con fotografías tomadas con cámara 360, y videos de los distintos vuelos realizados con el dron con el objetivo de crear una modelación que se aproxime a la realidad del terreno de la zona de estudio a fin de diseñar un tramo de placa huella.

UBICACIÓN DEL PROYECTO

El departamento del Huila hace parte de uno de los treinta y dos departamentos, junto con Bogotá, Distrito capital, del territorio de la Republica de Colombia. Este se localiza al suroeste del país haciendo parte de la región Andina, lo compone una superficie de 19.890 km², la cual representa un 1,74% del territorio Nacional.

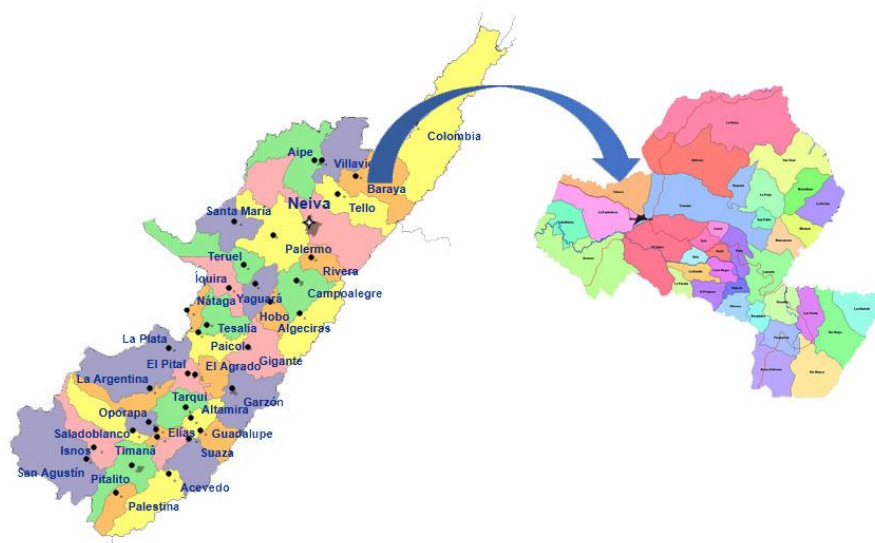
Gráfico 9 Mapa de Colombia, ubicación del departamento del Huila en el territorio colombiano



Fuente: propia ubicación del departamento del huila

El departamento del Huila está compuesto por 37 municipios, cuya capital es la ciudad de Neiva. Uno de los municipios que hacen parte de este departamento es Baraya, el cual se encuentra ubicado al norte del Departamento, con una extensión territorial de 737 km², su altura es de 730 msnm y una temperatura promedio de 35°C. (Alcaldía Municipal de Baraya - Huila, 2020)

Gráfico 10 Mapa del departamento del Huila, ubicación del municipio de Baraya



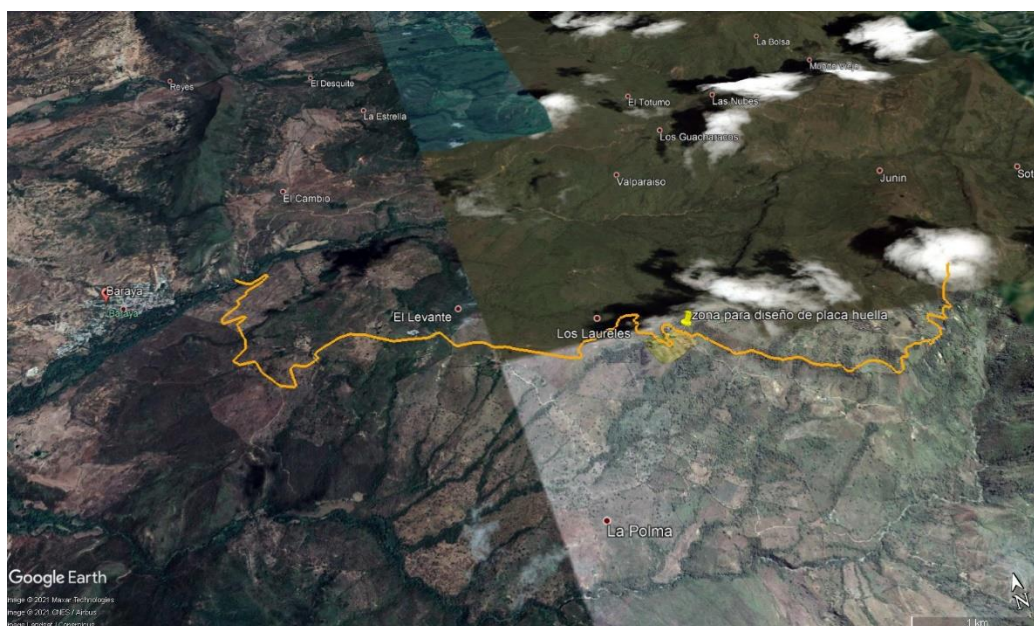
Fuente: propia ubicación del Municipio de Baraya

El municipio de Baraya está sobre territorios montañosos, cuyo relieve corresponde a la cordillera oriental, en la que se destacan accidentes geográficos como los cerros de Balzar, Saltaren y la mesa Durugal. La jurisdicción está distribuida en pisos térmicos, cálido, medio y frío; con suelos bañados por las aguas de los ríos Cabrera y Venado; además cuenta con numerosas quebradas y corrientes de menor caudal que le permiten su abastecimiento de agua para la población del municipio. Las coordenadas de la cabecera municipal son: 3° 09'39" latitud norte y 75° 04" longitud oeste.

Baraya, está conformado por 12 Barrios, 4 urbanizaciones y 36 veredas; la vereda Soto hace parte de la población territorial del municipio, se encuentra aproximadamente a 45 minutos del casco urbano en cuyo trayecto se encuentra el sector de "Caresuegra" donde se encuentra la placa huella.

En este sector se ha desarrollado una parte de la construcción de la placa huella y que actualmente tiene estudios topográficos, pero no se ha llevado a cabo la gestión del recurso para la construcción de la siguiente fase.

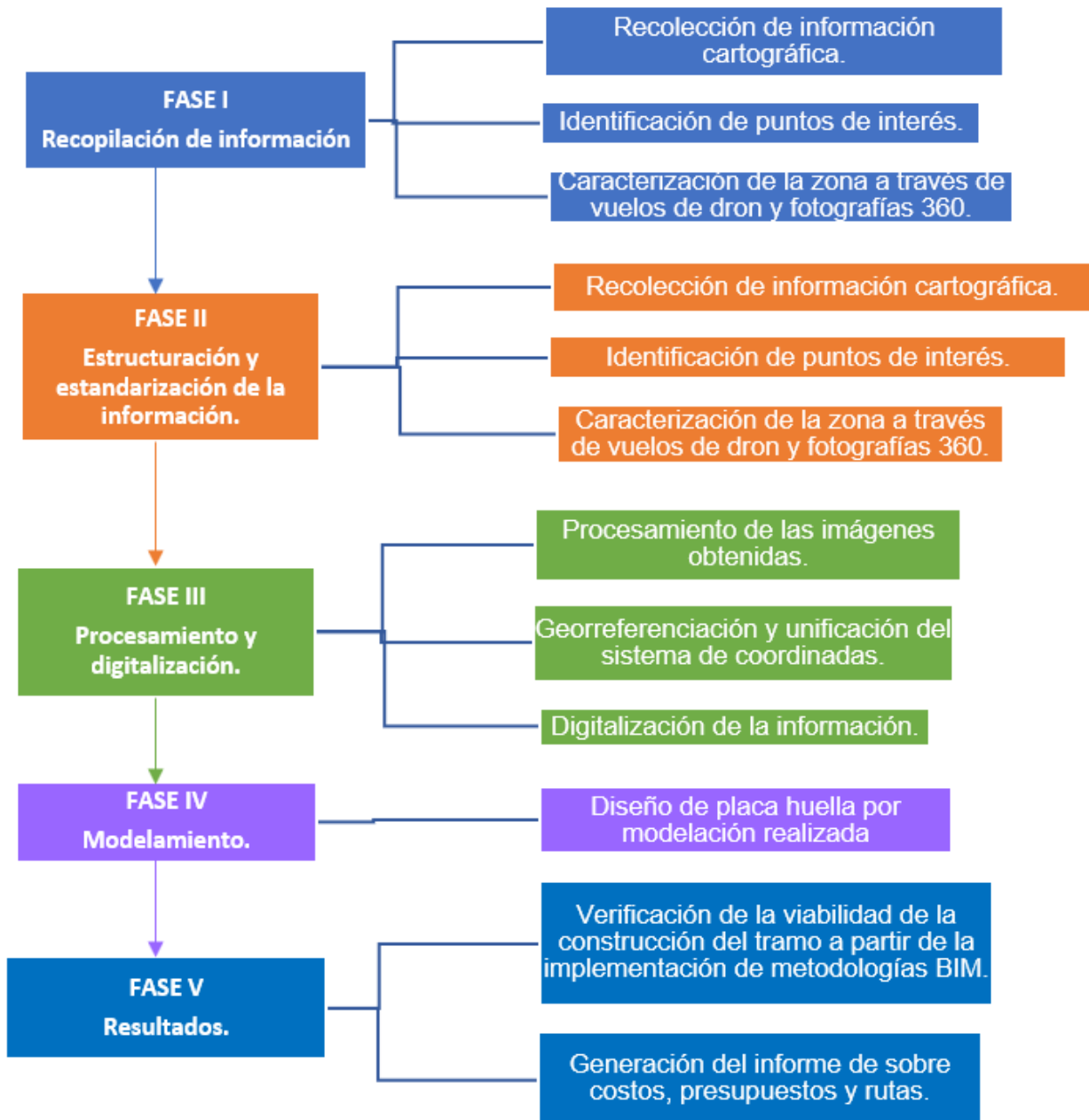
Gráfico 11 Ubicación del Proyecto



Fuente: Google Earth, modificado por autores, 2020

Para la realización de este proyecto se han identificado unas fases a seguir con el fin de darle cumplimiento y seguimiento a los objetivos propuestos. Ilustración 3 representa cada una de las fases con sus respectivos momentos.

Gráfico 12 Fases del proyecto



Fuente: por autores, 2021

9.1. FASE I - RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

En esta fase se llevó a cabo los siguientes procesos:

Se recolectó la información cartográfica a través de las entidades gubernamentales como la Gobernación del Huila y la Alcaldía municipal del Municipio de Baraya.

Se realizó el correspondiente trabajo de campo para identificación de puntos de interés que hacen parte del desarrollo del proyecto.

Se hizo el proceso de caracterización la zona por medio de vuelos de dron, así como también fotografías 360 con el fin de conocer el estado de la vía.

9.2. FASE II - ESTRUCTURACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN.

En esta fase se realizaron los siguientes procesos:

Se filtró, depuró y codificó la información de acuerdo con los puntos de control definidos en el vuelo y en el recorrido en campo.

Se crearon las carpetas con información recolectada en campo.

9.3. FASE III - PROCESAMIENTO Y DIGITALIZACIÓN.

Esta fase se desarrolló en los siguientes momentos:

Se procesaron las imágenes obtenidas en el programa Recap pro.

En el proceso georreferenciación se utilizó Google Earth para ubicar el proyecto y unificar del sistema de coordenadas. El servicio que soporta la georreferenciación está dado por los Datum MAGNA-SIRGAS, WGS84- Bogotá.

9.4. FASE IV – MODELAMIENTO.

Teniendo en cuenta el Manual de Diseño Geométrico de Vías (Vías, 2013) y la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa huellas (Vía, 2017), se establecieron los parámetros para el diseño de la placa huella según la clasificación de la vía, velocidades, radios y secciones típicas. A partir de estos datos, se procedió a realizar el modelamiento en los softwares AutoCAD e Infracore; a continuación, se especifica el paso a paso del proceso.

Paso a paso del proceso de modelamiento

- 1). Clasificación de la vía según el Manual de Diseño Geométrico.
- 2). Verificación de velocidades según el tipo de terreno y la clasificación de la vía.
- 3). Aforos de tránsito y tipos de suelo según los apiques realizados para el diseño de la estructura de la placa huella.
- 4). Estudio de las especificaciones de placa huella según la Guía de Diseño de Pavimentos de Placa huellas del Ministerio de Transporte (Vía, 2017) para sección transversal y todo lo que requiere.

- 5). Diseño de alineamientos en AutoCAD del tramo vial a partir de cartografía y nube de puntos adquirida.
- 6). Procesamiento de AutoCad a Infracore para diseño de placa huella, teniendo en cuenta las especificaciones según la Guía de Diseño de Pavimentos de Placa huellas del Ministerio de Transporte
- 7). Modelamiento de Infracore a Navisworks para conocer los costos de obra a partir de un APU diseñado.

9.5. FASE V – RESULTADOS.

En esta fase se realizaron los siguientes procesos:

A partir de la guía de pavimentos de placa huella (Vía, 2017) se tuvieron en cuenta los datos, secciones, espesores y tipos de materiales durante el proceso de modelación.

Se verificó la viabilidad de la construcción del tramo de placa huella en el sector de “Care suegra” a partir de la modelación y la implementación de metodologías BIM. Esta verificación se hizo a través de un proceso comparativo de costos y tiempos de obra, de acuerdo con la modelación y los ejecutados en campo.

Se generó un informe de sobre costos, presupuestos y rutas a seguir a partir de la implementación de metodología BIM, en las fases de factibilidad y prefactibilidad para la gestión de recursos.

10.RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

A continuación, se describirá el desarrollo de cada una de las fases propuestas, los resultados y el análisis de cada proceso.

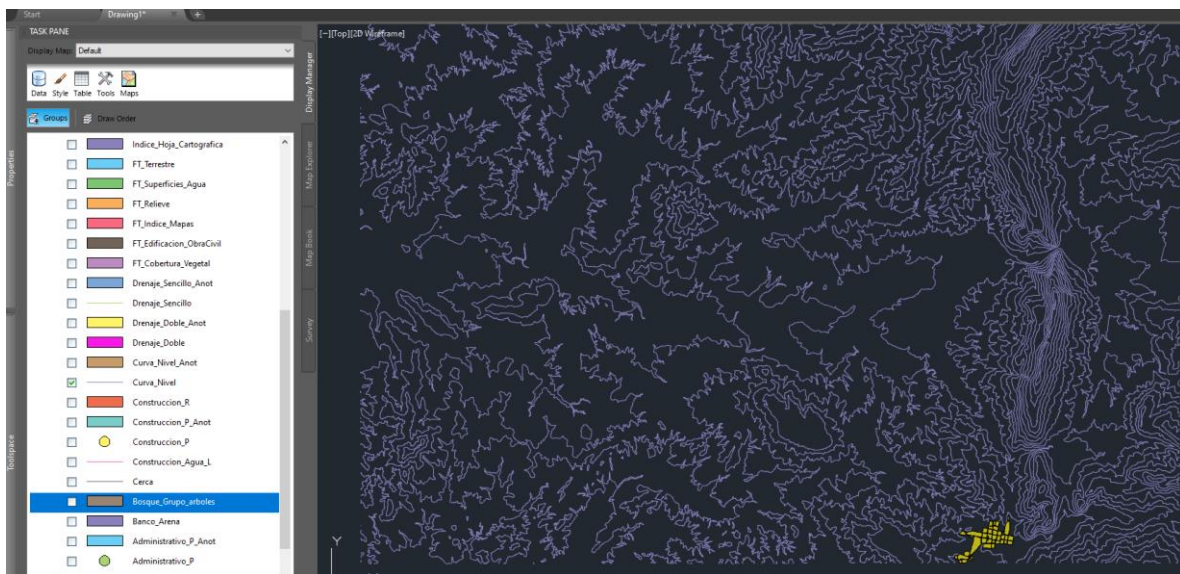
10.1. FASE I

10.1.1. Recolección de información cartográfica a través de las entidades gubernamentales.

En el marco de un proyecto, la recopilación de datos es una de las tareas más valiosas y costosas, y cada pieza de información y/o documento requiere tiempo, esfuerzo y un papeleo riguroso. Su uso puede determinar la necesidad de mantenimiento, mejora y reparación.

La alcaldía municipal de Baraya, a través de la gestión que se realizó con la secretaría de planeación, facilitó información de la región en formato digital (SHP y kmz) del municipio.

Ilustración 3. Información de la alcaldía municipal revisada en AutoCAD








Fuente: Archivo Administrativo de la secretaria de planeación del municipio de baraya

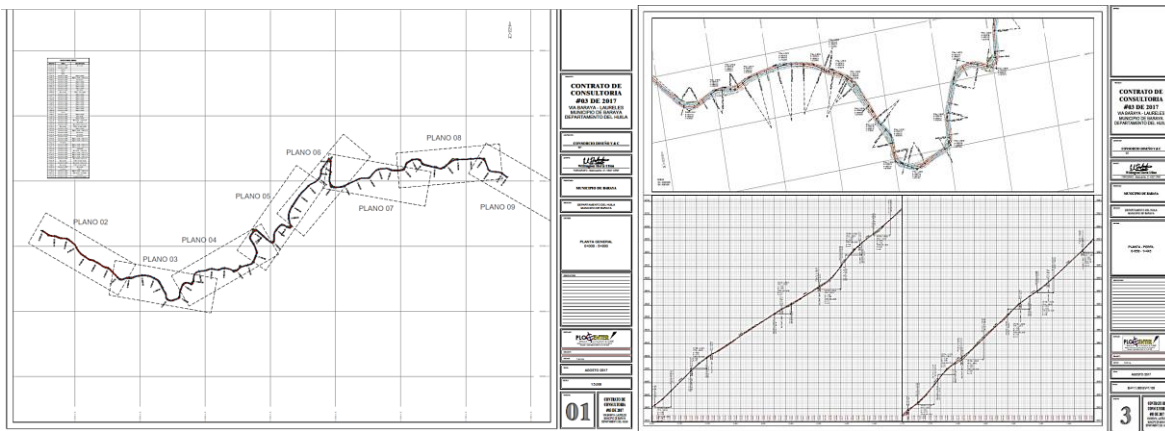
A pesar de que la información está digitalizada, muchas de las capas que componen el archivo poseen grandes errores de georreferencia, pues al manejar hasta tres diferentes tipos de sistemas de coordenadas, no logran localizar bien el municipio en un punto, siendo poco fiable la ubicación de dicha información.

Así mismo, también se facilitó la información del proyecto placas huellas vereda soto donde solo poseen la información de consultoría, la cual consta de 5 archivos en formato PDF.

Gráfico 13 Planos Contrato Placa Huella Formato Digital

BIM > 2. Captura de informacion > 2. Cartografia baraya > Contrato de consultoria Placas huella Baraya

Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
 Plano 1	30/12/2019 5:54 a. m.	Documento PDF	1,831 KB
 Plano 3	5/04/2021 6:27 p. m.	Documento PDF	653 KB
 Plano 4	5/04/2021 6:27 p. m.	Documento PDF	637 KB
 Plano 5	5/04/2021 6:27 p. m.	Documento PDF	639 KB
 Plano 9	5/04/2021 6:27 p. m.	Documento PDF	342 KB



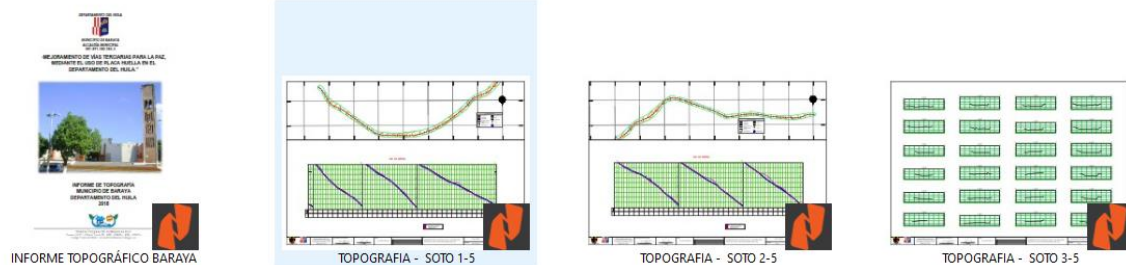
Fuente: Archivo Contrato de Consultoría #3 de 2017

En estos planos se puede observar el alineamiento diseñado y sus diferentes componentes (PI PTA, PC, Coordenadas NE) para la placa huella y los elementos hidráulicos (alcantarillas). Anexo (planos consultoría Baraya).

La secretaria de planeación de la Gobernación del Huila también fue fundamental en la adquisición de información, ya que dicho proyecto fue ejecutado por esta entidad, por lo tanto, posee mejor calidad de la información.

Gráfico 14 Informe Topográfico y Planos en Pdf Gobernación del Huila

hientos e imagenes > Gobernacion



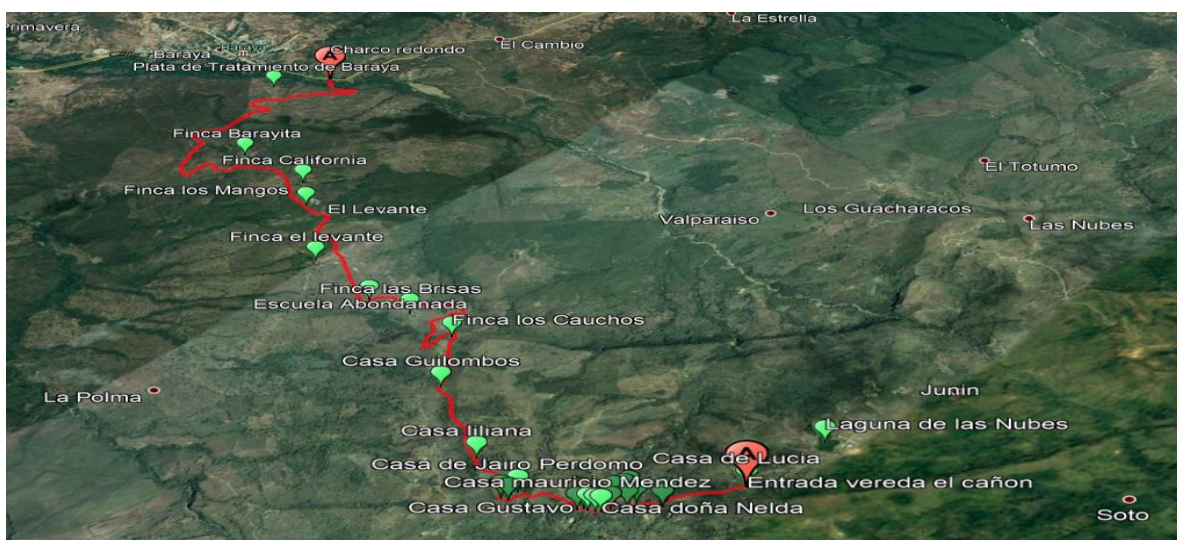
Fuente: secretaria de planeación gobernación del huila 2021

La entrega de documentos consta de estudios topográficos en los cuales las carteras son fundamentales para la modelación de lo ya construido; así mismo también se observan algunas secciones transversales de placa huellas. Todos estos documentos se encuentran en formato PDF (ANEXO 3).

10.1.2. Trabajo de campo para identificación de puntos de interés para el proyecto.

Para identificar los puntos de interés, la herramienta Google Earth fue fundamental ya que permitió visualizar el tramo de vía que va desde el punto identificado como “Charco redondo”, hasta el punto denominado “Entrada Vereda El Cañón” localizando en una imagen aérea dichos lugares. Esta imagen aérea está disponible en formato kmz en el (ANEXO 1), donde por medio de un hipervínculo lo redirigirá al aplicativo de Google Earth, para ser visualizada con mayor claridad y detalle de todos sus elementos que la componen.

Gráfico 15 Identificación de puntos de interés y recorrido de la zona



Fuente: Google Earth, modificado por autor, 2020

10.1.3. Caracterización de la zona por medio de vuelos y fotografías 360 para conocer el estado de la vía.

Para la realización del recorrido y la caracterización de la zona se tomó información en los puntos especificados en el ítem anterior e identificados de la misma manera, permitiendo un mejor orden de la información e identificación rápida de los tramos. Cada punto de identificación tiene una fotografía 360 (Anexo Registro fotográfico) y los videos del recorrido estarán disponibles en el (Anexo 2) por medio de hipervínculos para su correcta visualización.

En este recorrido el dispositivo de tomas aéreas (dron) se elevó a una altura superior a los 35 metros, cumpliendo con los protocolos para salvaguardar el dispositivo de algún accidente por líneas de alta tensión o por los árboles, los cuales en algunos tramos tenían una altura entre 15 y 20 metros.

Fotografía 1 Estado de la vía trayecto sector el salero placa Huella vereda soto



Fuente: Autoría propia visita a la vía Baraya Vereda Soto – Finca California. Registro fotográfico 360 inspección visual vía Baraya Vereda Soto 2021.



Fuente: Autoría propia visita a la vía Baraya Vereda Soto – Curva 4 Levante. Registro fotográfico 360 inspección visual vía Baraya Vereda Soto 2021.



Fuente: Autoría propia visita a la vía Baraya Vereda Soto – Ataja Ganado Escuela abandonada. Registro fotográfico 360 inspección visual vía Baraya Vereda Soto 2021.

Se puede observar en las fotografías, material granular como superficie de calzada; también se evidencia la ausencia de cunetas y el impacto ambiental producido por la erosión de la superficie de la calzada.

En la zona de la placa huella se observan los sobreanchos en algunas zonas, así como también la piedra pegada y en todo su trayecto las obras de artes que salvaguardan la estructura del deterioro por el agua.

Fotografía 2 Estado de la vía placa Huella vereda soto



Fuente: Autoría propia visita a la vía Baraya Vereda Soto- Inicio Placa huella K0+350. Registro fotográfico 360 inspección visual vía Baraya Vereda Soto 2021.

10.2. FASE II - ESTRUCTURACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN.

Esta fase consta de la organización de la información brindada por los entes gubernamentales y por la información levantada en campo.

10.2.1. Filtrar, depurar y codificar la información de acuerdo con los puntos de control definidos en el vuelo y en el recorrido en campo.

Para el caso de depuración de la información se tuvieron en cuenta varios aspectos para el desarrollo de las fases posteriores:

- Información topográfica manejable.
- Tabla 3 Informe topográfico Placa Huella Soto Alcaldía Municipal formato Pdf

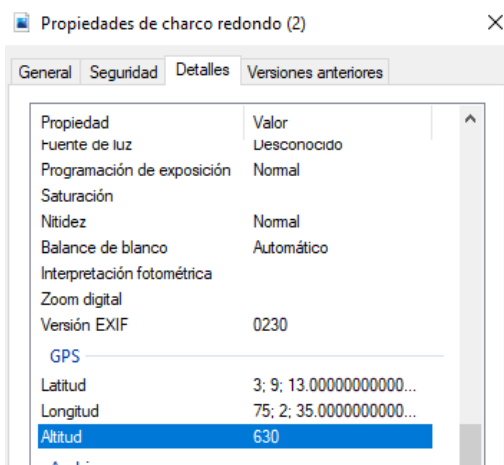


Tabla 5. Cartera De Topografía Vereda Soto.

Name	Northing (m)	Easting (m)	Elevation (m)	Code
100	836650.013	898703.96	1497.922	D1
101	836677.344	898664.503	1494.542	D2
102	836621.714	898720.801	1501.027	E
103	836620.037	898720.161	1501.027	B
104	836623.449	898721.869	1501.017	B
105	836618.588	898719.294	1500.884	T
106	836617.554	898718.464	1500.634	T
107	836624.69	898722.206	1500.887	T

Fuente: cartera topográfica secretaria de planeación Gobernación del Huila

- Fotografías con coordenadas definidas.
- Ilustración 4 Información fotografías 360 coordenadas



Fuente: : Elaboración propia

Cada fotografía 360 tiene coordenadas de latitud y longitud las cuales fueron referenciadas en el programa de Google Earth, para ubicar dicho lugar.

- Planos y diseños completos que estuvieran en formato editable (.dwg)

Estos datos se organizaron en distintas carpetas según el tipo de información y el formato de los archivos que esta contuviera; esto se hace con el fin de tener un acceso y reconocimiento fácil y rápido de la información.

Ilustración 5 Organización de Información recopilada en campo y entes de gobierno

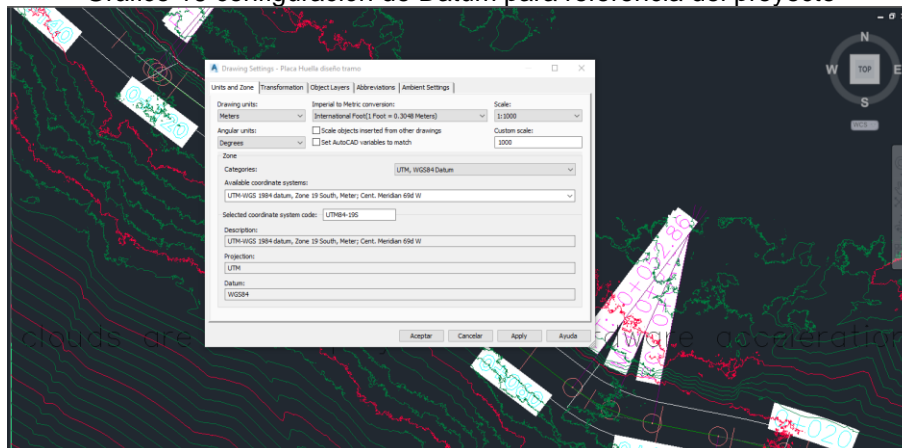


Fuente: Elaboración propia organización de documentos

10.3. FASE III - PROCESAMIENTO Y DIGITALIZACIÓN.

Una de las fases más importantes fue el procesamiento y digitalización de la información que fue capturada por el dron para la zona de estudio, la cual se encuentra ubicada en las coordenadas latitud 3.121813° longitud -74.995135° , teniendo en cuenta la georreferenciación suministrada por los Datum MAGNA-SIRGAS, WGS84- Bogotá. En la grafico 16 se observa la variable de las coordenadas utilizadas para la digitalización de toda la información en un solo sistema de referencia.

Gráfico 16 configuración de Datum para referencia del proyecto



Fuente Elaboración propia AutoCAD CIVIL.2020

A continuación, se referenciarán las fotografías del informe entregado por parte de la Gobernación del Huila, del levantamiento topográfico de la zona.

Fotografía 3 Equipo Topográfico Gobernación del Huila Sector Care suegra



Fuente: secretaria de planeación Gobernación del Huila

Partiendo de lo anterior se adjuntan las carteras de topografía también suministradas por parte de la gobernación (anexo 3 informe topográfico gobernación del huila). Los puntos topográficos suministrados por la Gobernación del Huila se cargaron en AutoCad para su debido procesamiento y creación del alineamiento (Ver gráfico 17)

Gráfico 17 nube de puntos de la cartera topográfica Gobernacion del Huila a Autocad

The image is a screenshot of an AutoCAD interface showing a table of topographic data points. The table has 8 columns: Point Nu..., Easting, Northing, Point Elevati..., Name, Raw Descripti..., Full Descript..., and Description For... The table contains 15 rows of data, numbered 1 through 15. The interface also shows a 'Point Editor' panel on the right with various tools and a search bar at the top.

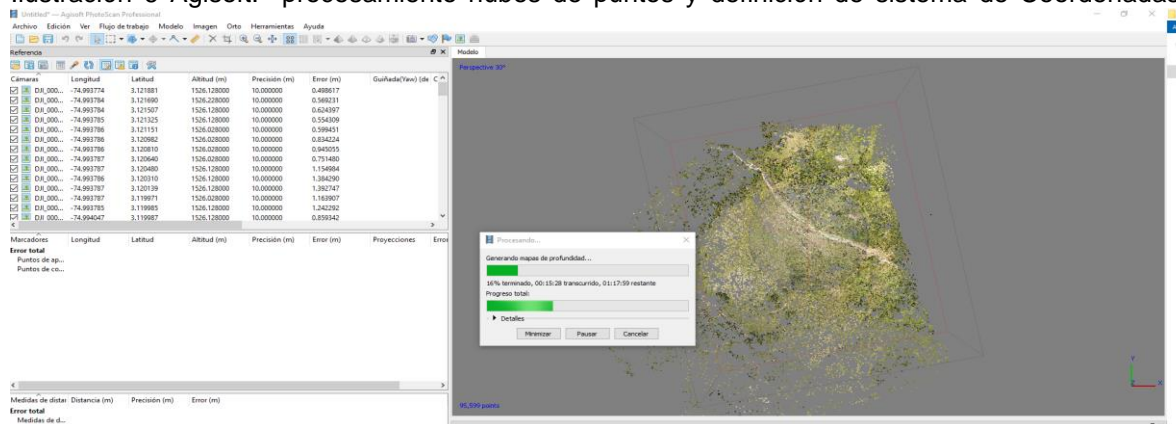
Point Nu...	Easting	Northing	Point Elevati...	Name	Raw Descripti...	Full Descript...	Description For...
1	836650.0130m	898703.9600m	1497.922m				
2	836677.3440m	898664.5030m	1494.542m				
3	836621.7140m	898720.8010m	1501.027m				
4	836620.0370m	898720.1610m	1501.027m				
5	836623.4490m	898721.8690m	1501.017m				
6	836618.5880m	898719.2940m	1500.884m				
7	836617.5540m	898718.4640m	1500.634m				
8	836624.6900m	898722.2060m	1500.887m				
9	836624.8360m	898716.7860m	1500.814m				
10	836626.7060m	898717.8400m	1500.743m				
11	836623.7920m	898714.7770m	1500.839m				
12	836627.3150m	898718.5850m	1500.677m				
13	836622.5710m	898713.5620m	1500.885m				
14	836621.7980m	898712.3120m	1500.794m				
15	836630.6340m	898712.1190m	1500.268m				

Fuente Elaboración propia AutoCAD CIVIL.2020

Se implementó Pix4D y Agisoft, los cuales son los softwares de procesamiento fotogramétrico profesional más utilizados en la actualidad. Ambas opciones permiten la reconstrucción fotogramétrica de modelos 3D, así como la obtención de productos cartográficos que permitieron dar una visualización de la zona a estudio a través de una nube de puntos y una ortofoto, la cual permite visualizar detalles desde diferentes perspectivas.

*Nota: para visualizar mejor la información de los pantallazos, se sugiere hacer un acercamiento con la barra de zoom del programa con el cual se esté visualizando el documento.

Ilustración 6 Agisoft. procesamiento nubes de puntos y definición de sistema de Coordenadas.



Fuente Elaboración propia Agisoft.

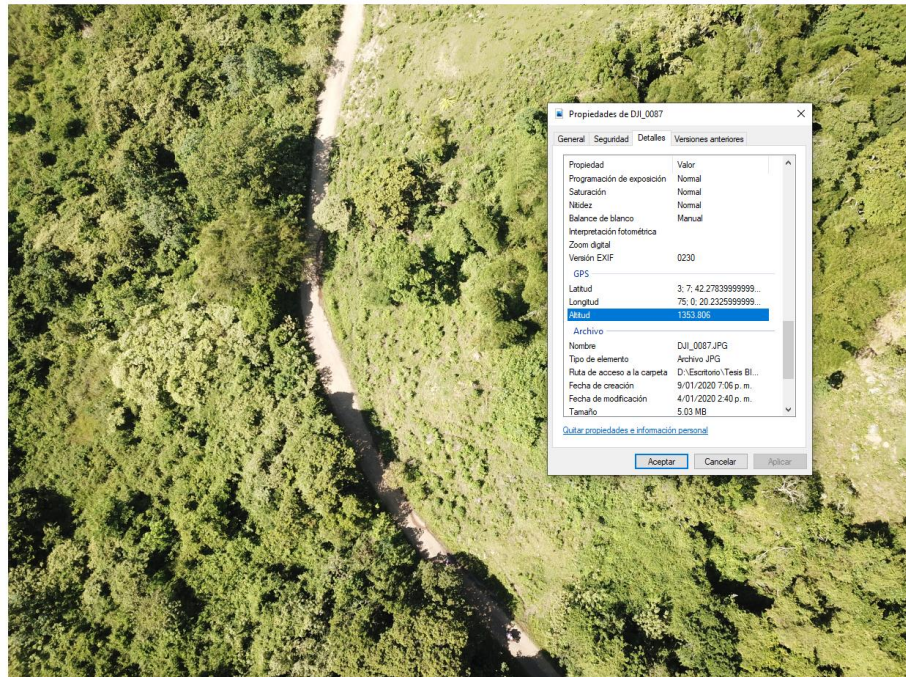
Ilustración 7 Ortofoto a partir de procesamiento nubes de puntos Drone



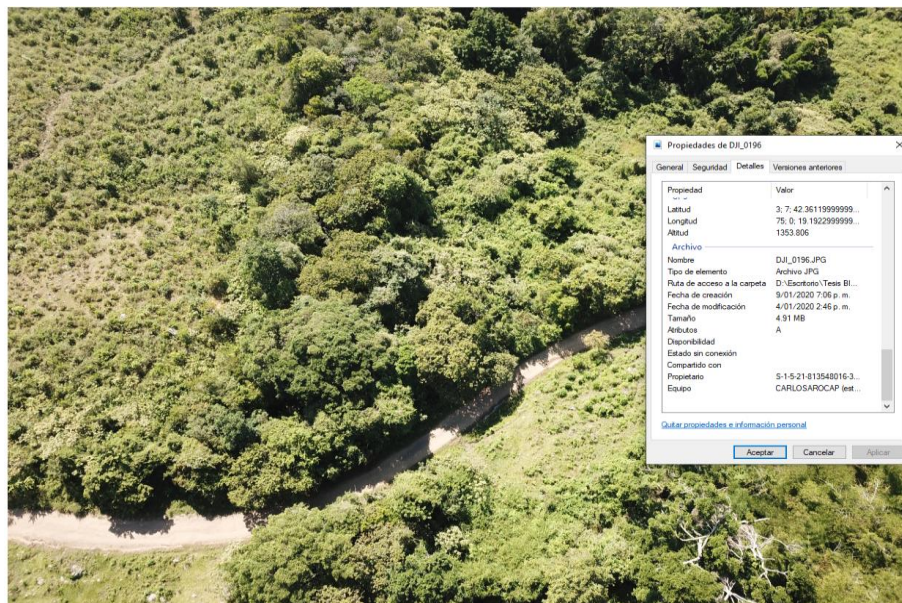
Fuente Elaboración propia Agisoft.

Cada fotografía tomada por el dron posee información georreferenciada al igual que las fotos 360, de esta manera se logra tener un acercamiento real del estado de la vía y de la zona.

Gráfico 18 información fotos tomadas por el Dron Georreferenciada sector “Caresuegra”



Fuente Elaboración propia fotografía y propiedades capturadas con dron



Fuente Elaboración propia fotografía y propiedades capturadas con dron

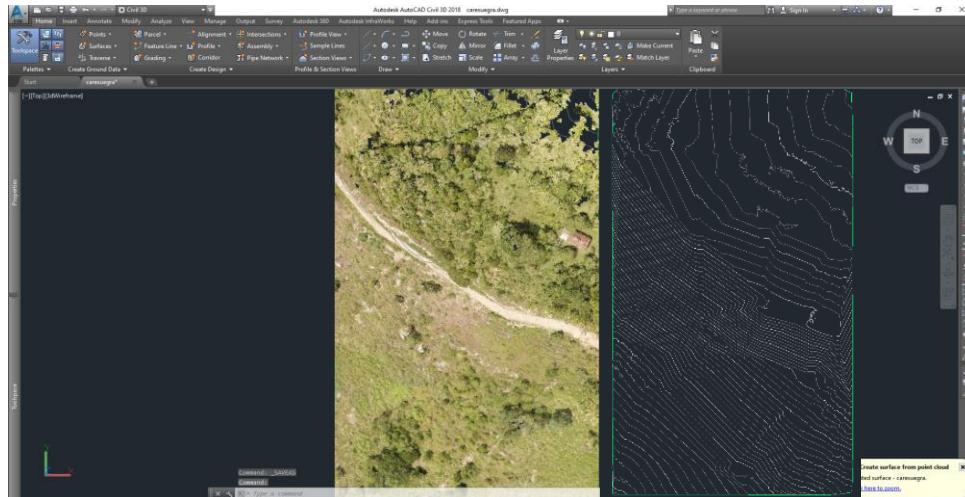
Luego de tener esta información, se procedió por medio del aplicativo Recap pro (el cual crea modelos 3D a partir de fotografías y digitalizaciones láser importadas) crear una malla o una nube de puntos como soporte para los procesos de BIM, para más adelante generar las curvas de nivel y diseñar el trasado en Autodesk Civil e Infraworks.

Ilustración 8 Autodesk Recap proceso transformación nube de Puntos en sistemas CAD



Fuente Elaboración propia Autodesk Recap 2021

Ilustración 9 Curvas de Nivel Autocad Civil 3D



Fuente Elaboración propia AutoCAD CIVIL.2020

10.4. FASE IV- MODELAMIENTO

A partir del Manual de Diseño Geométrico de Vías (Vías, 2013) y la Guía de Diseños de Pavimentos con Placa Huella (Vía, 2017) se desarrolló el siguiente proceso:

10.4.1. Clasificación de la vía según el manual de diseño geométrico.

De acuerdo con el Manual de Diseño Geométrico de Vías, la zona de estudio comprendida entre el sector “El Salero” y la vereda Soto, se encuentra catalogada como vía terciaria, ya que el terreno presenta pendientes transversales que varían entre 13 y 40 grados, mientras que sus pendientes longitudinales se encuentran entre el 6% y el 8%. Según INVIAS 2013, una vía terciaria es la que permite la comunicación entre dos o más veredas de un municipio, como también a una vía de segundo orden y su volumen de tránsito es inferior a 150 vehículos.

El trayecto comprendido entre el sector el “Salero” y la vereda Soto se caracteriza por presentar grandes deslizamientos de tierra, lo cual impide en muchas ocasiones realizar trabajos precisos en pro del mejoramiento de la vía. De acuerdo con INVIAS 2013 generalmente las vías terciarias requieren grandes movimientos de tierra durante la construcción, razón por la cual presentan dificultades en el trazado y en la explanación.

10.4.2. Verificación de velocidades según el tipo de terreno y la clasificación de la vía.

La verificación de velocidad del tipo de terreno que comprende el tramo entre el sector el “Salero” y la vereda Soto es de 30 kilómetros por hora (km/h), lo cual se puede corroborar en la Tabla 1. Velocidad de Diseño de Tramo (Vías, 2013). Para tramos homogéneos la velocidad puede llegar a alcanzar hasta 50 km/h según la Tabla 2, correspondiente a los valores de velocidad de Diseño de los Tramos Homogéneos (VTR) de (Vías, 2013).

Tabla 4 Velocidad de Diseño de Tramo (INVIAS, 2013)

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÉNEO V_{TR} (km/h)									
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	-	-	-	-	-	6	6	6	5	5
Primaria de una calzada	-	-	-	-	7	7	6	6	5	-
Secundaria	-	-	7	7	7	7	6	-	-	-
Terciaria	7	7	7	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Manual de diseño geométrico de vías 2013

Tabla 5. Valores de la Velocidad de Diseño de los Tramos Homogéneos (VTR) en (INVIAS, 2013)

Tipo de carretera	Tipo de terreno	Velocidad de diseño V_d (km/h)									
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Carretera principal de dos calzadas	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Carretera principal de una calzada	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Carretera secundaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Carretera terciaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										

Fuente: Manual de diseño geométrico de vías 2013

10.4.3. Aforos de tránsito y tipos de suelo según los apiques realizados para el diseño de la estructura de la placa huella.

En el diseño de la placa huella del sector de “Caresuegra” de la vereda Soto, se tuvieron en cuenta varios elementos, de los cuales los más importantes fueron la capacidad de soporte del suelo, el tránsito que circulará sobre la estructura durante todo su periodo de diseño, las condiciones climáticas y los materiales con que se construirá.

Los vehículos que transitan con frecuencia el sector de “Caresuegra” suelen ser de llanta doble, los cuales tradicionalmente están catalogados por su peso, que radica en las 8.2

toneladas. A continuación, se observa la tabla de pesos máximos por eje según la categoría del vehículo, propuesta por la Guía para el Diseño de Placa Huella (Vía, 2017).

Tabla 6 peso kg de vehículos según la cantidad de ejes que tiene

Tipo de eje	Peso máximo por eje, kg
Eje sencillo	
Dos llantas	6,000
Cuatro llantas	11,000
Eje tandem	
Cuatro llantas	11,000
Seis llantas	17,000
Ocho llantas	22,000
Eje tridem	
Seis llantas	16,500
Ocho llantas	19,000
Diez llantas	21,500
Doce llantas	24,000

Fuente: Manual de diseño geométrico de vías 2013

Los aforos del tramo vial del sector el "Salero" a la vereda Soto se realizaron los días 15, 16,17 y 18 de mayo del año 2017, arrojando como resultado el siguiente conteo de vehículos que transitaron por la zona (ver tabla 7).

Tabla 7 resultados de conteo aforos vías del sector "El Salero" Vereda Soto según informe estudio de suelo para la construcción de placa huellas en la zona rural del municipio de Baraya

RESULTADO DEL CONTEO						
localizacion	VIAS URBANAS DEL MUNICIPIO DE BARAYA					
fecha de ejecucion	desde	15		hasta	19	
sentido transito						
volumen						
composicion	dia 1	dia 2	dia 3	dia 4	dia 5	total
livianos	33	25	28	14		67
buses	52	47	39	40		126
camiones	58	69	40	58		167
fecha	15 MAY	16 MAY	17 MAY	18 MAY	19 MAY	4 días
volumen total del transito	360	TPDs		<u>126</u>		
CLASIFICACION DE CATEGORIA T1						

Fuente: secretaria de planeación del municipio de Baraya Huila

Teniendo en cuenta que el tráfico promedio diario en el sector es de 126 vehículos, podemos corroborar que la caracterización de la vía es correcta ya que el tráfico promedio diario según el Manual de Diseño Geométrico de Vías (2013) es de 0 a 150 vehículos. Ver tabla (8)

Tabla 8 caracterización de la vía según el transito To

La caracterización de la vía según el tránsito es To

Categoría	Tipo de Vía	TPDs	Ejes acumulados de 8.2 t
To	(Vt) – (E)	0 a 200	< 1'000,000

En la Tabla 3-1 las siglas tienen el siguiente significado:		M: Medias
Vt: Vía terciaria		A: Anchas
Vs: Vía secundaria		CC: Carreteras de 2 direcciones
Vp: Vía principal		MC: Carreteras multicarriles
E: Estrechas		AP: Autopistas

Fuente: secretaria de planeación del municipio de Baraya Huila informe estudio de suelo para la construcción de placa huellas

De acuerdo con el estudio de memoria explicativa de la zonificación de susceptibilidad y la amenaza relativa por movimientos en masa (Servicio geológico colombiano, 2015), en el suelo del municipio de Baraya afloran rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas, areniscas con intercalaciones de arcillolitas y conglomerados polimíticos como rellenos del canal. A continuación, se observan las fotografías correspondientes al estudio de suelos realizado por Ingelab del sector de “Caresuegra”. (tabla 9)

Tabla 9 Perfiles estratigráfico análisis de suelos apique No 4 según informe estudio de suelo para la construcción de placa huellas en la zona rural del municipio de Baraya



INGELAB
INGENIERIAS S.A.S.
Nit. 900.813.734-1 Régimen Común

ESTUDIO DE SUELOS • ASESORIAS
 CONSULTORIA E INTERVENTORIA • GEOTECNICA
 LABORATORIO DE SUELOS • CONCRETOS
 CONTROL DE CALIDAD • PAVIMENTOS
 OBRAS CIVILES • TOPOGRAFIA
 DISEÑOS ESTRUCTURALES

PERFILES ESTRATIGRAFICOS DEL SUELO				
ORDEN DE SERV.	022-2017		APIQUE No 4	
CLIENTE	ALCALDIA DEL MUNICIPIO DE BARAYA - DEPARTAMENTO DEL HUILA			
PROYECTO	CONSTRUCCION DE PLACA HUELLA			
LOCALIZACION	KM 2+000 DE LA VIA QUE DE LA VEREA SOTO CONDUCE AL MUNICIPIO DE BARAYA		NIVEL FREATICO: No se encontro N.F	
CONDICIONES DEL SITIO	DIA SOLEADO			
PROF. (M)	M N°	LITOLOGIA	RESUMEN DE ENSAYOS DE CARACTERIZACION DEL SUELO	DESCRIPCION
0.00-0.12	1,00		Limite Liquido LL 0,0 Limite Plastico LP 0,0 Indice De Plasticidad 0,0 Humedad Natural w 5,5 Gravas 23,4 Arena 57,4 % Pasa N°200 19,1 Clasificacion SUCS Arena limosa con grava SM	SUELO DE COLOR CAFÉ CON PRESENCIA DE GRAVAS
0.12-1.55	2,00		Limite Liquido LL 0,0 Limite Plastico LP 0,0 Indice De Plasticidad 0,0 Humedad Natural w 8,4 Gravas 4,6 Arena 69,4 % Pasa N°200 26,0 Clasificacion SUCS Arena limosa SM	SUELO DE COLOR AMARILLO - CON FRAGMENTOS DE COLOR GRIS - SUELO CONSOLIDADO

Fuente: secretaria de planeación del municipio de Baraya Huila informe estudio de suelo para la construcción de placa huellas

Gráfico 19 registro fotográfico toma muestra de suelos sector "Caresuegra" según informe estudio de suelo para la construcción de placa huellas en la zona rural del municipio de Baraya



Fuente: secretaria de planeación del municipio de Baraya Huila informe estudio de suelo para la construcción de placa huellas

Para la clasificación de la subrasante del material que se caracterizó a partir de los apiques realizados en el trayecto del sector el “Salero” a la vereda “Soto”, se obtuvo que el CBR está entre el 2.7% de acuerdo con la información suministrada por la Alcaldía del Municipio de Baraya (2017). (ver tabla 10)

Tabla 10 CBR de diseño según informe estudio de suelo para la construcción de placa huellas en la zona rural del municipio de Baraya

APIQUE No	CBR	NUMERO DE VALORES MAYORES O IGUALES QUE	%DE VALORES MAYORES O IGUALES QUE
1	2,0	10	100,0
3	2,2	9	90,0
2	2,5	8	80,0
7--8	3,0	6	60,0
6	3,4	5	50,0
4--5--10	4,0	2	20,0
9	6,0	1	10,0



Fuente: secretaria de planeación del municipio de Baraya Huila informe estudio de suelo para la construcción de placa huellas

10.4.4. Estudio de las especificaciones de placa huella según la guía de diseño de pavimentos de placa huellas del ministerio de transporte, para sección transversal y todo lo que requiere.

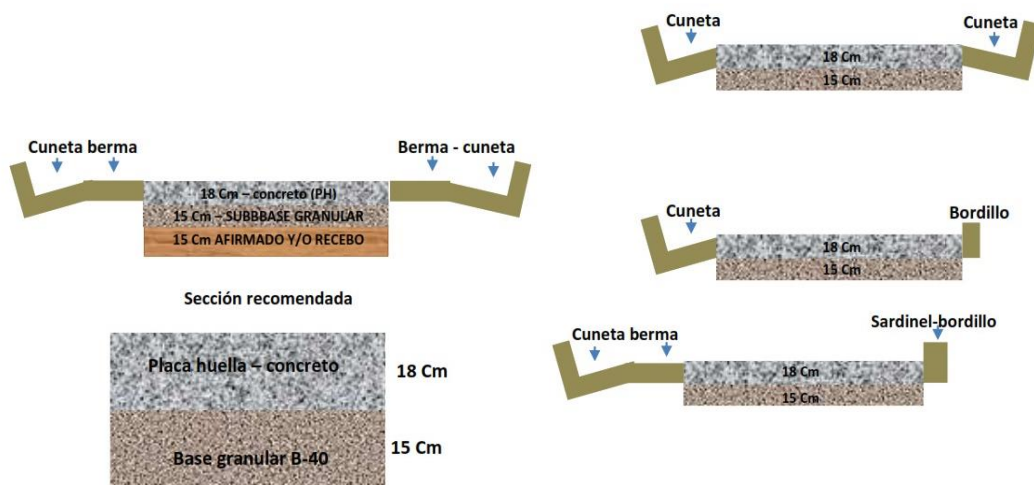
Teniendo en cuenta las características del suelo encontrado mediante las exploraciones realizadas, se recomienda trabajar con un espesor de 18 cm de placa huella.

Según la Guía de Diseño de Pavimento de Placa Huella (INVIAS,2017), los pavimentos con placa-huella que cumplan con los parámetros de seguridad y de confort, tiene también como condición que funcionen óptimamente al menos durante sus primeros veinte (20) años de servicio.

Para garantizar la durabilidad del pavimento, la guía recomienda una sección transversal en tangente de cinco (5) metros de ancho. Según el estudio de suelos para la construcción de placa huellas en el municipio de Baraya, se especifica que la longitud máxima de la placa-huella es de dos metros con ochenta centímetros (2,80 m). Como el ancho de la riostra siempre es de veinte centímetros (0,20 m) la longitud máxima de un módulo es de tres metros (3,0 m) y corresponde a la longitud del módulo en tangente.

Adicional a lo mencionado anteriormente, el ancho de la placa-huella en tangente es de noventa centímetros (0,90 m). Dependiendo de su deflexión y radio de curvatura las curvas horizontales pueden requerir placas-huella de anchos mayores. En la Guía de Diseño de Pavimento de Placa Huella (INVIAS,2017) se han establecido para las placas-huella en curva tres valores de ancho: noventa centímetros (0,90 m), un metro con treinta y cinco centímetros (1,35 m) y un metro con ochenta centímetros (1,80 m). A continuación, se muestra la estructura planteada de la placa huella dependiendo del ancho de la vía. (Ver ilustración 10).

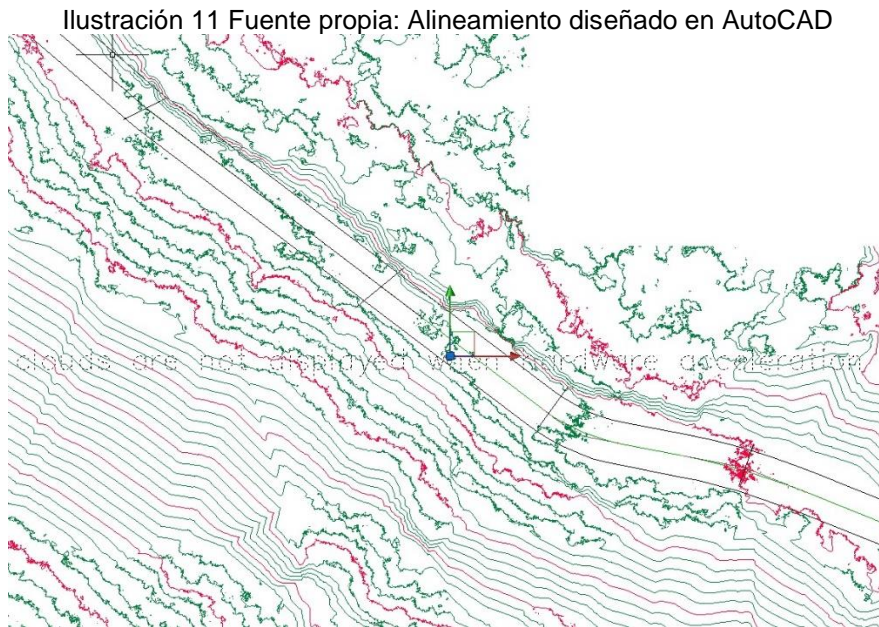
Ilustración 10 estructura de placa huella planteada según informe estudio de suelo para la construcción de placa huellas en la zona rural del municipio de Baraya



Fuente: secretaria de planeación del municipio de Baraya Huila informe estudio de suelo para la construcción de placa huellas

10.4.5. Diseño de alineamientos en AutoCAD del tramo vial a partir de la cartografía y nube de puntos adquiridos.

A partir de las curvas de nivel que se adquirieron en Autodesk Recap, se realizó el alineamiento de la vía existente a la cual se le pretende diseñar el tramo de placa huella (ver Ilustración 11).



Fuente Elaboración propia AutoCAD CIVIL.2020

Luego de tener el alineamiento definido, se le asignan las velocidades y los radios de curvatura según el Manual de Diseño Geométrico de Vías (Vías, 2013); (Ilustración 12). En el (la ilustración 13) se visualizan las coordenadas de entre tangencia y las estaciones de entrada y salida de cada radio de curva.

*Nota: para observar de una forma más clara los valores de curvatura, se deshabilitó la capa de contornos. Se sugiere hacer zoom con el programa a través cual se esté visualizando el presente proyecto.

Ilustración 12 fuente propia: alineamiento y tabla de curvas AutoCAD

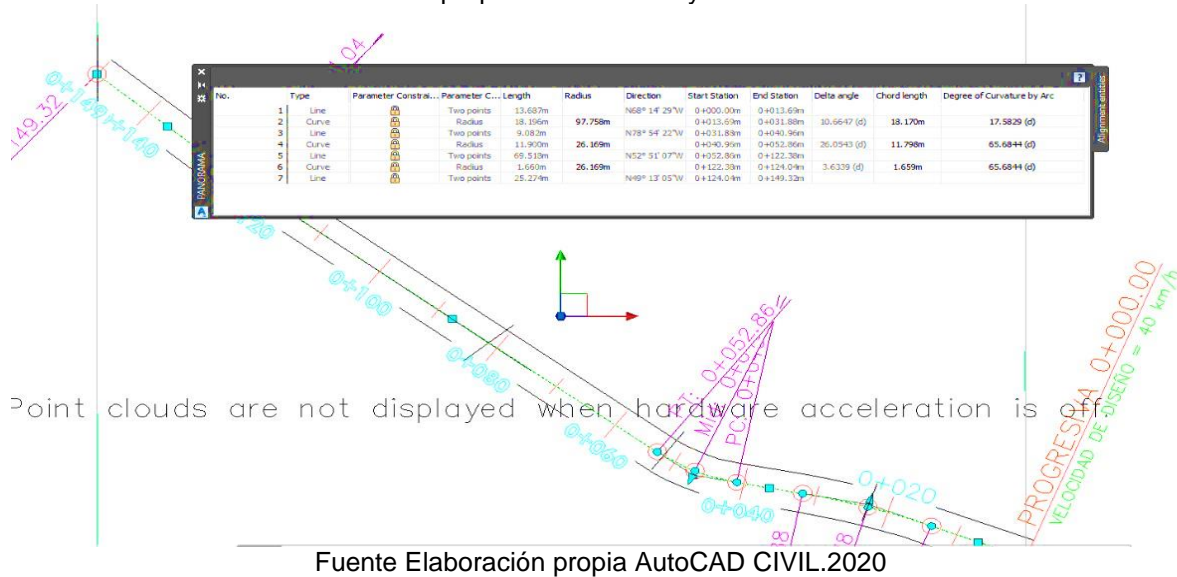
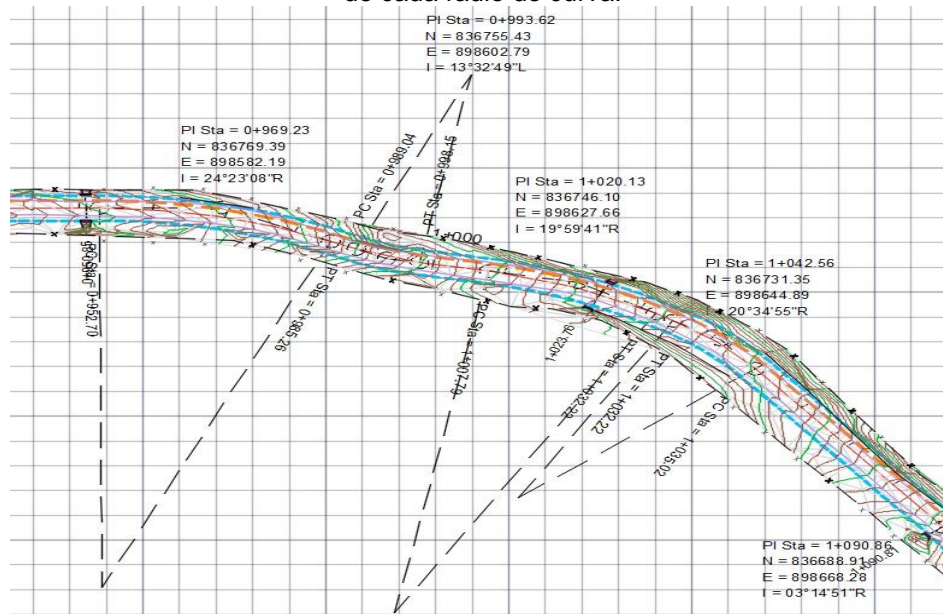


Ilustración 13 fuente propia: coordenadas de entre tangencia y las estaciones de entrada y salida de cada radio de curva.



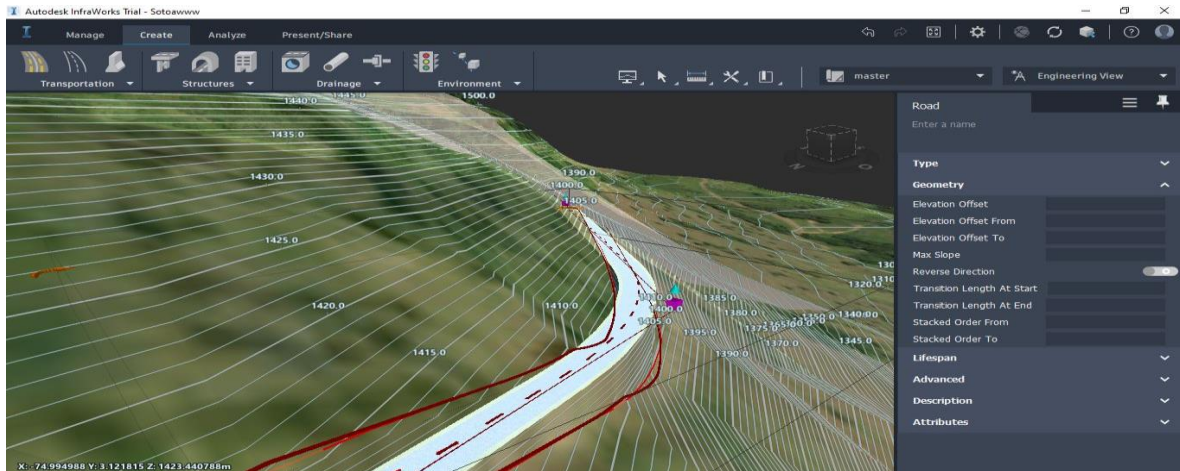
10.4.6. Procesamiento de AutoCAD a Infravorks para diseño de placa huella, teniendo en cuenta las especificaciones según la guía de diseño de pavimentos de placa huellas del ministerio de transporte.

A continuación, se referencia el diseño de placa huella hecha en AutoCad e importada al modelo que facilita el programa Infravorks. En este proceso de modelación se pudo evidenciar que el diseño geométrico es el proceso inicial, que será alimentado con los análisis de las demás especialidades del diseño del alineamiento en planta; es por esto que

en el flujo de trabajo se observa un punto donde se señala la consistencia de las alternativas para el diseño de placa huellas de acuerdo a la Guía de Placa Huella del Invías (Vía, 2017)

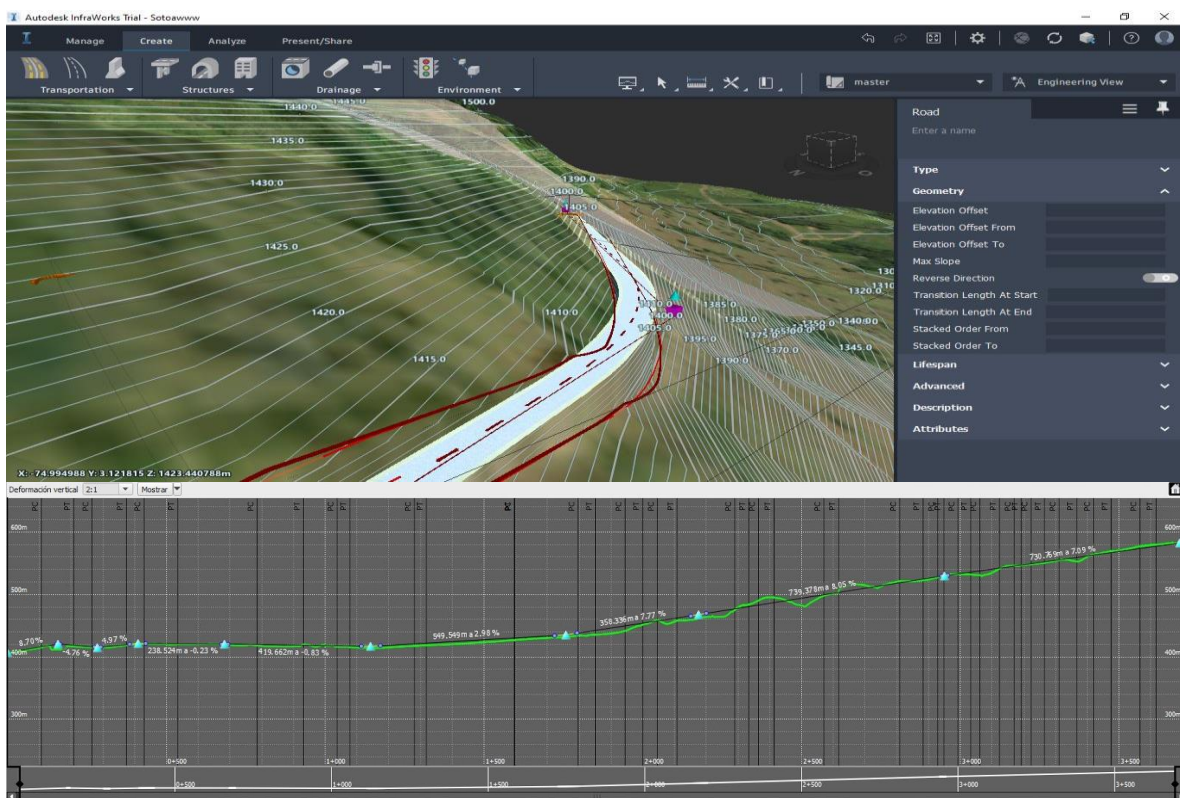
En la (Ilustración 14) se pueden observar las curvas de nivel y el alineamiento diseñado de la placa huella para el sector denominado “Caresuegra”.

Ilustración 14 modelación Placa huella Infraworks



Fuente Elaboración propia Infraworks.2021

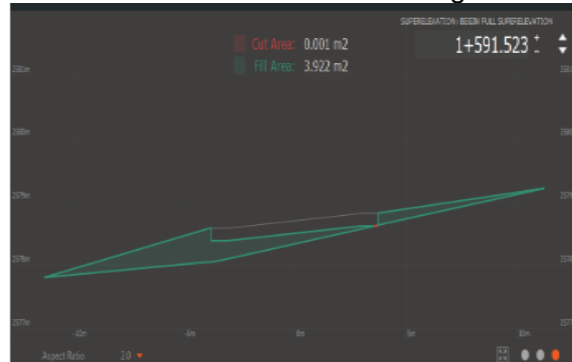
Ilustración 15 Planta Perfil del diseño de la Via



Fuente Elaboración propia Infraworks.2021

La información de planta perfil (Ilustración 11), desde un punto de vista técnico, se puede realizar fácilmente. Las modificaciones y cambios se realizan automáticamente, lo que hace que las decisiones sean más rápidas y eficientes, facilitando que las secciones transversales sean visuales sin la necesidad de trabajo adicional (Autocad). (Ver Ilustración 16)

Ilustración 16 Sección transversal generada

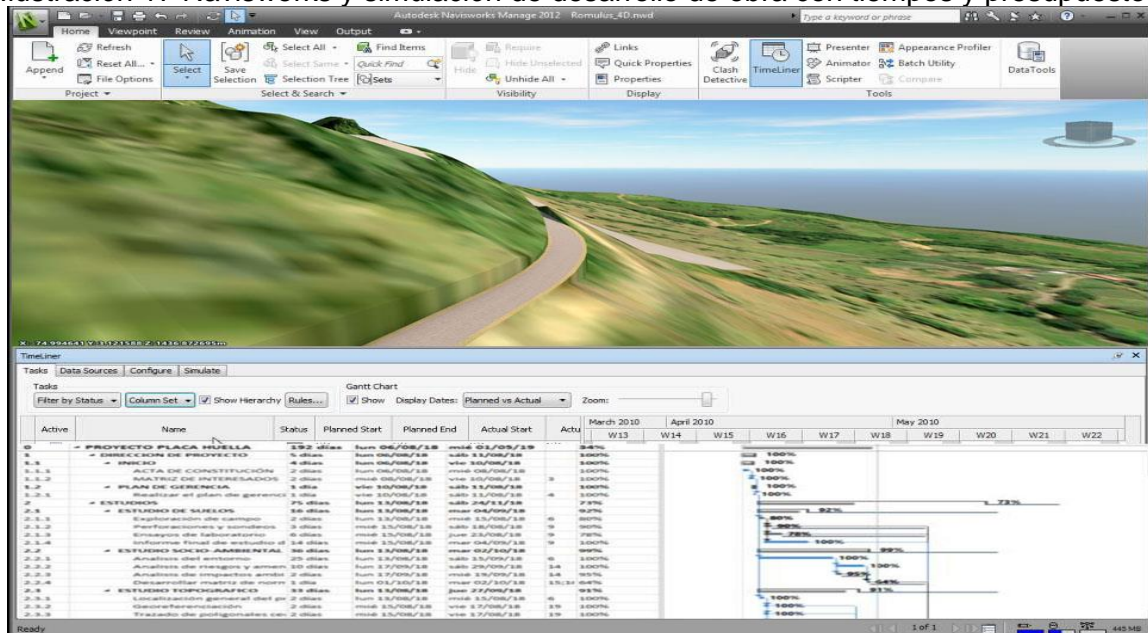


Fuente Elaboración propia Infracore.2021

10.4.7. Modelamiento de Infracore a Navisworks para conocer los costos de obra a partir de un APU diseñado.

Para el modelamiento de los costos de obra se realizó un APU (Anexo 4) el cual bajo la modalidad del programa Project, se le hizo seguimiento de obra estimando una fecha de inicio y finalización de la obra a partir de la ruta crítica y el proceso constructivo. Para esto, se importó el modelo de Infracore a Navisworks para realizar dicha simulación. (Ver ilustración 17).

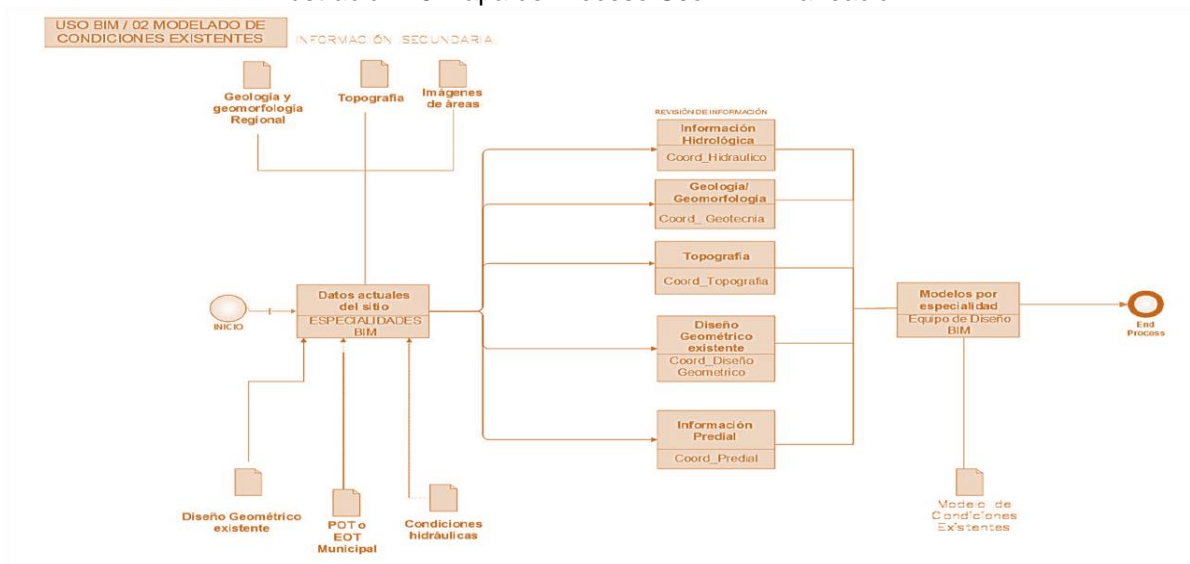
Ilustración 17 Navisworks y simulación de desarrollo de obra con tiempos y presupuestos



Fuente Elaboración propia Navisworks.2021

A partir del flujo de trabajo de la metodología BIM, la Ilustración 13 nos muestra el mapa de proceso para realizar la planeación de un proyecto bajo metodología BIM adaptado al proyecto placas huellas en el municipio de Baraya.

Ilustración 18 Mapa de Proceso Uso BIM: Planeación.



Fuente: adaptación para diseño

Como se expone anteriormente en el diagrama de flujo, se puede observar la trazabilidad que debe hacerse para ejecutar un proyecto con metodologías BIM, lo cual permite tener un seguimiento y control de la información para la toma de decisiones. Así mismo, los niveles de detalle están asociados a las fases de desarrollo del proyecto nivel LOD 100. El nivel de detalle de los elementos y componentes hace referencia al grado de minucia y características presentes en los elementos geométricos y la información asociada.

10.5. FASE V- RESULTADOS

Para el diseño de la placa huella, se evidenció que la velocidad promedio es de 30 km/h teniendo en cuenta que es una vía terciaria y que las pendientes se encuentran entre el 6 y el 8% según lo propuesto por el Manual de Diseño Geométrico de Vías (INVIAS,2013). Teniendo en cuenta los radios de peraltado para la placa huella como se especifica en la guía, es necesario implementar un peralte del 2% y en algunos tramos se evidenciará peraltes del 5%; así mismo los radios de curvatura al diseñarse en AutoCAD, el alineamiento utiliza un radio menor de 110 m para el diseño de la placa huella a partir de la velocidad establecida.

A partir de un análisis de Precios Unitarios (APU), se modeló en Naviswork el proceso de construcción y seguimiento de obra, arrojando que el proyecto tardaría un promedio de 7 meses en desarrollarse, teniendo una gran diferencia con respecto a la ejecución realizada que duró 18 meses, dejando el trayecto diseñado sin construir.

En el proceso de caracterización y recopilación de la información, la Gobernación del Huila brindó los siguientes datos referentes a los costos de la construcción de la placa huella.

Tabla 11 Escopo 1 contrato SVLPOP007-18 Valor de proyecto

Información General del Proceso	
Tipo de Proceso	Licitación Pública
Estado del Proceso	Celebrado
Asociado al Acuerdo de Paz	No
Régimen de Contratación	Estatuto General de Contratación
Grupo	[F] Servicios
Segmento	[72] Servicios de Edificación, Construcción de Instalaciones y Mantenimiento
Familia	[7214] Servicios de construcción pesada
Clase	[721410] Servicios de construcción de autopistas y carreteras
Detalle y Cantidad del Objeto a Contratar	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS PARA LA PAZ MEDIANTE EL USO DE PLACAS HUELLAS EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA Y CONTRUCCION DE PLACA HUELLA EN ALGUNOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL HUILA
Cuantía a Contratar	\$ 34,349,059,043
Moneda de Pago	Peso Colombiano
Tipo de Contrato	Obra
Ubicación Geográfica del Proceso	
Departamento y Municipio de Ejecución	Huila : Paicol, El Pital, Suaza, Neiva, Santa María, Colombia, Palestina, Iquira, Nátaga, Tarqui, Villavieja, Acevedo, Tello, Aipe, Baraya, Campoalegre, Tesalia
Departamento y Municipio de Obtención de	

Fuente: página de contratos del gobierno nacional SECOOP 1

Teniendo en cuenta que en el Seccop1 la propuesta ganadora no posee un nivel detallado del APU, si podemos observar los costos directos que tiene el proyecto, cabe aclarar que es un proyecto de gran albergadura ya que hay diferentes municipios en los cuales se realizaron el mismo tipo de proyecto (Santa María, Palestina, Aipe, Colombia, Baraya, Tesalia, Villavieja, Paicol, Tarqui, Campoalegre, El Pital, Suaza, Iquira, Nátaga, Neiva, Acevedo, Tello) (tabla 12).

Tabla 12 Contrato 1373 costos de obra para placa huella

OBJETO: MEJORAMIENTO DE VÍAS TERCARIAS PARA LA PAZ, MEDIANTE EL USO DE PLACA HUELLA EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA						
ITEM		DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	VR. UNIT	VR. PARCIAL
1	CODIGO	PRELIMINARES	LONGITUD TOTAL=		12.416,09	m
1,1	1P	Localización y replanteo.	Km	12,416	\$ 4.811.601,86	\$ 59.740.848,69
1,2	2P	Demolición de obras existentes.	m²	1278,60	\$ 55.782,22	\$ 71.323.146,49
1,3	INVIAS (ART.310)	Conformación de la calzada existente	m²	66050,96	\$ 782,62	\$ 51.692.802,32
1,4	3P	Excavación mecánica en material común y conglomerado.	m³	7115,39	\$ 8.988,19	\$ 63.954.477,24
VALOR TOTAL PRELIMINARES						\$ 246.711.274,75
2		PLACA HUELLA	LONGITUD TOTAL=		12.416,09	m
2,1	4P	Excavación manual material común y conglomerado	m³	665,16	\$ 33.669,08	\$ 22.395.325,25
2,2	INVIAS (ART.320)	Sub-base Granular	m³	9162,68	\$ 102.318,93	\$ 937.515.613,53
2,3	INVIAS (ART.610)	Rellenos para estructuras	m³	3918,76	\$ 22.998,78	\$ 90.126.699,11
2,4	5P	Concreto Resistencia a la Compresión a los 28 días f'c= 210 kg/cm² (3.000 p.s.i)	m³	8746,97	\$ 563.005,55	\$ 4.924.592.655,68
2,5	6P	Concreto Ciclópeo 3.000 p.s.i	m³	3682,89	\$ 357.072,55	\$ 1.315.058.923,67
2,6	INVIAS (ART.640)	Acero de refuerzo	KG	462907,90	\$ 4.025,49	\$ 1.863.431.122,37
VALOR TOTAL PLACA HUELLA						\$ 9.153.120.339,62

Fuente: página de contratos del gobierno nacional SECOOP 1

Tabla 13 Continuación de la tabla Contrato 1373 costos de obra para placa huella

3		ALCANTARILLAS	CANT		95,00	UND
3,1	7P	Alcantarilla Tipo "Guía de Diseño de pavimentos con placa huella", en Concreto Reforzado de D=36" longitud 6m (No incluye excavación ni relleno)	UND	95,00	\$ 9.225.378,45	\$ 876.410.952,75
VALOR TOTAL ALCANTARILLAS						\$ 876.410.952,75
4		TRANSPORTE				
4,1	8P	Transporte de material (grava, arena, sub-base, materiales de alcantarilla)	(m³*Km)	1626282,89	\$ 1.599,98	\$ 2.602.020.098,34
4,2	9P	Transporte de materiales (hierro) (Tonelada)	(Ton*Km)	28503,76	\$ 1.599,98	\$ 45.605.445,92
4,3	10P	Transporte de materiales (escombros)	(m³*Km)	106256,46	\$ 1.599,98	\$ 170.008.210,87
VALOR TOTAL TRANSPORTE						\$ 2.817.633.755,14
		TOTAL COSTOS DIRECTOS				\$ 13.093.876.322,25
		COSTOS INDIRECTOS				\$ 3.928.162.896,68
		Administración		22,00%		\$ 2.880.652.790,90
		Imprevistos		3,00%		\$ 392.816.289,67
		Utilidad		5,00%		\$ 654.693.816,11
		COSTO TOTAL DE LA OBRA				\$ 17.022.039.218,93
5		CARACTERIZACIÓN DE LA VÍA EXISTENTE	Km	297,2	\$ 623.348,73	\$ 185.259.243
6		PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE OBRA -PGIO (COMPONENTE SISO, PMA Y PMT)				\$ 510.986.988

Fuente: página de contratos del gobierno nacional SECOOP 1

Según la Secretaría de Planeación del municipio de Baraya, se asigna al tramo Soto un valor de 2.400 millones de pesos para la construcción de 2000 metros de placa huellas; siendo construidos solamente 1580 metros de placa huella.

Realizando el comparativo de estos dos procesos, se evidencia que los costos del proyecto que siguen la metodología tradicional, supera en un 150% teniendo en cuenta los costos que visualizados anteriormente son globales y no están discriminados por ítem como se realizó en el modelo implementando BIM.

Haciendo un supuesto a partir de los resultados arrojados, el costo de la placa huella a construir es de 200 millones de pesos para 400 metros que es lo que falta de ese trayecto, de acuerdo con la implementación por metodología BIM. Si se implementara la metodología tradicional nos podemos dar cuenta que el costo estará alrededor de 315 millones de pesos para los mismos 400 metros.

Por lo tanto, la metodología BIM nos muestra no solamente una reducción de costos en un 57.5%, sino que también, el desarrollo del proyecto sería mucho óptimo, ya que en 9 meses se culminaría el proceso de construcción de la placa huella en el tramo anteriormente mencionado.

El proceso de modelación permite generar un proceso de acercamiento a la visualización de esta placa huella antes de llevarse a cabo, lo cual es fundamental en el proceso de factibilidad y prefactibilidad.

11.CONCLUSIONES

- 1). Se diseñó un modelo a partir de la información capturada por Dron y por información 2D del sector “El salero” a la vereda Soto, en cuyo proceso de digitalización se utilizaron softwares como Pix4D y Agisoft, los cuales permitieron establecer unas coordenadas precisas de la zona de estudio, y una visualización detallada del terreno a partir de la creación de una nube de puntos y una ortofoto.
- 2). El software Infracore permitió manejar fácilmente la planta y el perfil de las alternativas que se proponen desde la parte técnica, además que los ajustes y cambios se realizan automáticamente lo que hace más rápida, eficiente y eficaz la toma de decisiones.
- 3). Es de vital importancia tener claro las variables definidas a la hora de trabajar con BIM ya que de ello depende si el desarrollo de la metodología se realiza correctamente y el control de la información sea 100% seguro y fiable, pues las diferentes especialidades deben estar en un mismo canal de comunicación y con la misma información para que todo se realice de manera correcta.
- 4). La construcción virtual del modelo permite observar y entender las condiciones existentes del proyecto, minimizando el margen del error, riesgos e incertidumbre.
- 5). El proceso de construcción del tramo de la placa huella en el sector de “Care suegra” no fue viable debido a que los costos se incrementaron en un 57%, además que los materiales utilizados, así como los estudios, no garantizan una durabilidad de la obra.
- 6). La modelación a través de metodologías BIM evidencia que la falta de planeación por parte de la entidad municipal hizo que el tiempo del desarrollo de la obra se incrementara en 9 meses más de lo presupuestado, lo cual refleja un tiempo muy distante de lo que refiere la metodología BIM implementada.
- 7). A partir de la aplicación de la metodología BIM, en el proceso de factibilidad y prefactibilidad se puede evidenciar una reducción de costos de 50%, que aporta a la gestión eficaz de los recursos económicos invertidos en la construcción de este tramo.
- 8). Los beneficios de la implementación de la metodología BIM en los procesos de factibilidad y prefactibilidad en el diseño de la placa huella en el municipio de Baraya son: la gestión eficaz de los recursos destinados para la construcción de este tipo de obras, la trazabilidad en tiempo real de la ejecución del proyecto, la integración holística de las diferentes especialidades en pro garantizar el correcto desarrollo de la obra, el seguimiento y control de la información, y la posibilidad de tomar a tiempo decisiones determinantes en el transcurso del desarrollo de la obra.
- 9). La comparación realizada de los datos proporcionados por la Gobernación del Huila con los obtenidos a partir de la utilización de la metodología BIM, evidencian que la metodología tradicional tiene falencias, ya que muchas de las actividades durante la construcción no son visualizadas o planeadas, generando problemas e incertidumbres si se presenta algún percance durante el desarrollo del proyecto, siendo así, que muchos de los proyectos de infraestructura en el municipio poseen sobre costos y demoran mucho más tiempo en culminarse según lo estipulado desde un principio; mientras que si se implementara la

metodología BIM se tendría primero un control de obra, que llevaría a cabo una buena estimación de presupuesto y tiempos de desarrollo, ya que se podría visualizar el avance por los diferentes aplicativos como se evidenció en el modelo realizado, haciendo que las obras culminen a tiempo sin generar sobre costos y adiciones al proyecto.

10). La utilización de la metodología BIM en el Municipio de Baraya, el cual tiene diversas zonas de difícil acceso, brinda pautas y procesos a seguir para futuros proyectos que se deseen realizar en pro del mejoramiento de las vías del sector rural.

11). La implementación de la metodología BIM en municipios apartados y zonas de difícil acceso solventarían la necesidad de transporte y movilidad que durante años han afectado la calidad de vida de las personas que las habitan. Sin embargo, el desconocimiento de la aplicación de esta metodología y la falta de capacitación de los técnicos regionales sigue siendo uno de lo mayores retos que a nivel educativo se debe afrontar.

12). El modelamiento permitirá tomar decisiones en cuento al diseño de la placa huella y tener una aproximación real en el terreno a construir. Además, este proyecto serviría de fundamento para posibles futuras obras que se desarrollen en el municipio de Baraya y alrededores.

12.RECOMENDACIONES

- 1) Respecto a la aplicación de la metodología BIM en zonas de difícil acceso, es necesario contar con un amplio equipo de drones, cuyos vuelos sean mucho más duraderos y demande menos tiempo el levantamiento de la información.
- 2) Es importante incluir dentro del programa curricular de ingeniería civil una asignatura relacionada al uso e importancia de la metodología BIM.
- 3) Esta información será entregada a la Secretaría de Planeación del Municipio de Baraya con el fin de que sea utilizada e implementada para futuros proyectos. Hablar sobre donde va a quedar esta información para acceso general de la alcaldía municipal y la gobernación.
- 4) Teniendo en cuenta la coyuntura vivida por la pandemia no se utilizaron las instalaciones de la universidad, ni los laboratorios e implementos que ella brinda para complementar el desarrollo del presente proyecto; sería interesante conocer los recursos que brinda la universidad para desarrollar este tipo investigaciones.

13. BIBLIOGRAFIA

Salinas Saavedra, José y Ulloa Román, Karem. 2013. UNIVERSIDAD PERUANA . *DE CIENCIAS APLICADAS*. [En línea] 21 de Noviembre de 2013. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/528110/Tesis+Salinas+-+Ulloa.pdf;jsessionid=17E9BF48C0C9ED5FC6D3945A895C023A?sequence=1>.

Alcaldía Municipal de Baraya - Huila. 2020. Alcaldía Municipal . *de Baraya - Huila*. [En línea] 5 de Abril de 2020. <http://www.baraya-huila.gov.co/municipio/nuestro-municipio>.

Autodesk. 2010. Autodesk. [En línea] 16 de Septiembre de 2010. https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/training-certification/customer-stories/pb_customer_success_story_final.pdf.

BARLETTA, FERNANDO ANTONIO URRUTIA. 2017. UNIVERSIDAD . *DE SAN BUENAVENTURA*. [En línea] 18 de Agosto de 2017. http://bibliotecadigital.usb.edu.co:8080/bitstream/10819/4383/1/Infraestructura%20vial_Fernando%20Urrutia%20B_2015.pdf.

Camara colombiana de Infraestructura. 2012. Camara Colombiana . *de Infraestructura*. [En línea] Noviembre de 2012. <https://www.infraestructura.org.co/nuevapagweb/ObservatorioContratacion/BUENAS%20PRACTICAS.pdf>.

Cámara Colombiana de la Infraestructura. 2016. Camara Colombiana. *de la Infraestructura*. [En línea] 16 de Julio de 2016. [http://www.infraestructura.org.co/bibliotecas/VPT/PREINVERSION%20EN%20PROYECTOS%20DE%20INFRAESTRUCTURA%20\(JULIO%202016\).pdf](http://www.infraestructura.org.co/bibliotecas/VPT/PREINVERSION%20EN%20PROYECTOS%20DE%20INFRAESTRUCTURA%20(JULIO%202016).pdf).

Chuck , Eastman, y otros. 2008. academia. [En línea] 28 de Marzo de 2008.
https://www.academia.edu/3183272/BIM_handbook_A_guide_to_building_information_modeling_for_owners_managers_designers_engineers_and_contractors.

CONGRESO DE LA REPÚBLICA. 2013. Secretaria del senado . - *Ley 1682 2013*. [En línea] 22 de Noviembre de 2013. http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1682_2013.html.

David Luna, Juan Carlos Escobar . 2020. Al Centro. [En línea] 7 de Marzo de 2020.
<https://www.alcentro.co/wp-content/uploads/2019/11/Importancia-de-la-Avenida-Longitudinal-de-Occidente-1.pdf>.

Emprociv. 2018. Empresa de Proyectos Civiles. [En línea] junio de 2018.
<https://www.emprociv.com/index.php/portfolio/consorcio-autopistas-urbanas/>.

EPM. 2018. Empresas Publicas . *de Medellin*. [En línea] 1 de Enero de 2018.
https://www.epm.com.co/site/Portals/3/documentos/Aguas/NC_MN_OC07_09_Placa_huella.pdf.

Gobernacion Del Huila. 2019. Gobernacion del Huila. [En línea] 19 de Julio de 2019.
<https://www.huila.gov.co/publicaciones/9107/gobernacion-del-huila-ha-recuperado-mas-de-2898-kilometros-de-vias-terciarias-y-secundarias/>.

GRAU, ALEXANDRE MAFÉ. 2014. Universidad Politecnica . *de Valencia*. [En línea] 11 de Julio de 2014. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/49367/TrabajoFinGrado.pdf.pdf?sequence=1>.

2017. Instituto nacional de Vias. *INVIAS*. [En línea] 30 de Octubre de 2017.
<https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/6644-guia-de-disenoo-de-pavimentos-con-placa-huella>.

INVIAS. 2013. Instituto Nacional de Vias. [En línea] 11 de Abril de 2013.
<https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/especificaciones-tecnicas/985-manual-de-diseno-geometrico>.

Linarez, José Alfredo Díaz. 2019. UNIVERSIDAD NACIONAL . *DE SAN MARTÍN - TARAPOTO*.
[En línea] 27 de Agosto de 2019. <https://core.ac.uk/download/pdf/336841658.pdf>.

Mendigaño, David Felipe Limas. 2019. UNIVERSIDAD. *SANTO TOMÁS*. [En línea] Diciembre de 2019.
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/21185/2020davidlimas.pdf?sequence=7&isAllowed=y>.

Obras Urbanas. 2018. *Obras Urbanas* . [En línea] 31 de Diciembre de 2018.
<https://www.obrasurbanas.es/comision-interministerial-bim-publica/>.

Planeacion Departamental del Huila. 2019. Planeacion Departamental del Huila. [En línea] 28 de Noviembre de 2019. <http://sirhuila.gov.co/index.php/162-medicare/blog/1895-lanzan-programa-para-identificar-estado-de-vias-terciarias-en-colombia>.

Sacyr. 2020. Sacyr. [En línea] 1 de Octubre de 2020.
http://www.sacyr.com/es_es/images/PUENTE%20PUMAREJO%20colombia_tcm29-20063.pdf.

Torres Nieto, Alvaro y Villate Bonilla, Eduardo. 2011. Academia. [En línea] Agosto de 2011.
https://www.academia.edu/39249795/Topografia_Alvaro_Torres_Nieto_4edc.

UAVSenseFly. 2021. UAVSenseFly. [En línea] 14 de abril de 2021.
<https://prueba.uavsensefly.cl/pix4d/>.

Vía, Instituto Nacional de. 2017. Instituto Nacional de Vía. *Invias*. [En línea] 30 de Octubre de 2017. <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/6644-guia-de-disenoo-de-pavimentos-con-placa-huella>.

Vías, Instituto Nacional de. 2013. Instituto Nacional de Vías. [En línea] 11 de Abril de 2013. <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/especificaciones-tecnicas/985-manual-de-diseno-geometrico>.

14. ANEXOS

ANEXO 1: ARCHIVO KMZ GOOGLE EARTH: PUNTOS DE INTERES FOTOS 360 Y OROTO FOTOS

[\(Kmz Ubicación de puntos de interés y de control en formato kmz\)](#)

ANEXO 2: VIDEOS

[\(Videos zona de estudio Recorridos en la Zona\)](#)

ANEXO 3: DOCUMENTOS PDF GOBERNACION DEL HUILA Y ALCADIA DEL MUNICIPIO DE BARAYA

[\(Soporte de documentos información cartográfica y secciones transversales\)](#)

ANEXO 4 COSTOS Y GESTIÓN DE COSTOS PROYECTO PLACA HUELLA

[\(Costos y gestión de costos proyecto placa huella\)](#)

*Nota: para visualizar los archivos se debe ingresar con el correo institucional.

ANEXO 5: REGISTRO FOTOGRAFICO 360



Fuente: Autoría propia visita a la vía Baraya Vereda Soto –Puente Charco Redondo. Registró fotográfico 360 inspección visual vía Baraya Vereda Soto 2021.



Fuente: Autoría propia visita a la vía Baraya Vereda Soto – Planta Tratamiento . Registró fotográfico 360 inspección visual vía Baraya Vereda Soto 2021.



Fuente: Autoría propia visita a la vía Baraya Vereda Soto – Curva 1. Registró fotográfico 360 inspección visual vía Baraya Vereda Soto 2021.



Fuente: Autoría propia visita a la vía Baraya Vereda Soto – Curva 2 . Registró fotográfico 360 inspección visual vía Baraya Vereda Soto 2021.



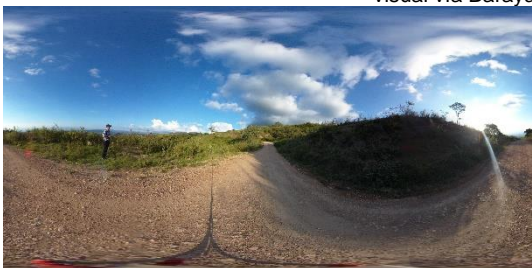
Fuente: Autoría propia visita a la vía Baraya Vereda Soto – Finca Barayita . Registró fotográfico 360 inspección visual vía Baraya Vereda Soto 2021.



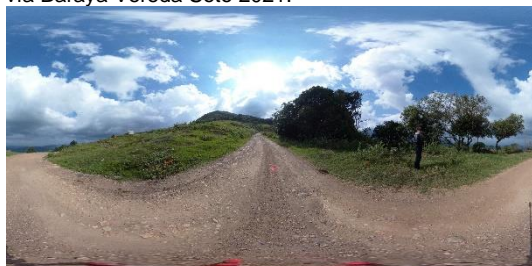
Fuente: Autoría propia visita a la vía Baraya Vereda Soto – Finca California . Registró fotográfico 360 inspección visual vía Baraya Vereda Soto 2021.



Fuente: Autoría propia visita a la vía Baraya Vereda Soto – Curva 4 Levante. Registró fotográfico 360 inspección visual vía Baraya Vereda Soto 2021.



Fuente: Autoría propia visita a la vía Baraya Vereda Soto – Ataja Ganado Escuela abandonada. Registró fotográfico 360 inspección visual vía Baraya Vereda Soto 2021.



Fuente: Autoría propia visita a la vía Baraya Vereda Soto –Finca la Brisas. Registró fotográfico 360 inspección visual vía Baraya Vereda Soto 2021.



Fuente: Autoría propia visita a la vía Baraya Vereda Soto- Finca los Cauchos. Registró fotográfico 360 inspección visual vía Baraya Vereda Soto 2021.



Fuente: Autoría propia visita a la vía Baraya Vereda Soto- Inicio Placa huella K0+00. Registró fotográfico 360 inspección visual vía Baraya Vereda Soto 2021.



Fuente: Autoría propia visita a la vía Baraya Vereda Soto- Inicio Placa huella K0+350. Registró fotográfico 360 inspección visual vía Baraya Vereda Soto 2021.



Fuente: Autoría propia visita a la vía Baraya Vereda Soto- Tramo Faltante K0+730. Registró fotográfico 360 inspección visual vía Baraya Vereda Soto 2021.



Fuente: Autoría propia visita a la vía Baraya Vereda Soto- Jairo Barrios. Registró fotográfico 360 inspección visual vía Baraya Vereda Soto 2021.



Fuente: Autoría propia visita a la vía Baraya Vereda Soto- Escuela el Pino. Registró fotográfico 360 inspección visual vía Baraya Vereda Soto 2021.



Fuente: Autoría propia visita a la vía Baraya Vereda Soto- Pedronel Bustos. Registró fotográfico 360 inspección visual vía Baraya Vereda Soto 2021.



Fuente: Autoría propia visita a la vía Baraya Vereda Soto- Vía vereda el cañón. Registró fotográfico 360 inspección visual vía Baraya Vereda Soto 2021.